



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

PÁSOVÝ DOPRAVNÍK PRO HALDY PÍSKU

BELT CONVEYOR FOR SAND DUMPS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Czerner

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Marek Czerner**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Pásový dopravník pro haldy písku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh konstrukčního řešení dopravníku pro zadané rozměrové a výkonnostní parametry a materiál.
Dopravní výkon 70 000 kg.h⁻¹.
Osová vzdálenost 15 m.
Sklon dopravníku 18°.
Dopravovaný materiál – frakce šterkopísku – 0 až 4 mm.

Cíle bakalářské práce:

Vypracovat funkční výpočet a určení hlavních rozměrů, návrh pohonu, řešerši výrobci podobných zařízení.
Nakreslit sestavný výkres dopravníku, vybrané detailní výkresy.

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.).
Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

KOVÁČ, Milan a Vladimír KLAPITA. Manipulácia s materiálom v doprave. 1. vyd. V Žiline: EDIS, 2003. ISBN 8080701741.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty



ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je vypracovat konstrukční návrh a výpočet pásového dopravníku pro šikmou dopravu šterkopísku frakce 0 - 4 mm s dopravním výkonem $70\,000\text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$, osovou vzdáleností 15 m a sklonem 18° . Tato práce zahrnuje stručný popis hlavních částí dopravníku, funkční výpočet dle normy ČSN ISO 5048, určení hlavních rozměrů, volbu konstrukčních prvků, návrh pohonu a rešerši výrobců podobných zařízení. Dále je proveden pevnostní výpočet pláště a hřídele hnaného bubnu. K práci je také přiložena požadovaná výkresová dokumentace a kontrolní výpočet čepů podpěr.

KLÍČOVÁ SLOVA

Pásový dopravník, norma ČSN ISO 5048, pohon dopravníku, válečky, bubny, nosná konstrukce, technologický snímač, dopadové lože, čistič pásu, bezpečnostní prvek.

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to make design and calculation of belt conveyor for oblique transport of gravel sand fraction 0 - 4 millimetres with the capacity of 70,000 kg per hour, axial distance of 15 m and a slope of 18° . This thesis includes a brief description of the main parts of the belt conveyor, the functional calculations according to standard ČSN ISO 5048, the determination of the main dimensions, the choice of structural elements, the design of the drive and an overview of manufacturers of similar devices. It is also performed stress analysis of the casing and shaft of the driven drum. To the thesis is attached all the necessary technical drawings and the control calculation of the support pins.

KEYWORDS

Belt conveyor, standard ČSN ISO 5048, conveyor drive, rollers, drums, supporting construction, technological sensor, impact bed, belt cleaner, safety elements.



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

CZERNER, M. *Pásový dopravník pro haldy písku*. Brno, 2018. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 82 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Malášek, Ph.D.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením pana doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20. května 2018

.....

Marek Czerner



PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Maláškoví, Ph.D. za odborné rady a cenné připomínky. Dále bych rád poděkoval panu Ivanu Zábranovi z firmy Jakos, spol. s.r.o. a panu Ing. Radku Legerskému z firmy CAB minerals s.r.o. za rady a poskytnuté informace spojené s konstrukčním návrhem tohoto dopravníku.



OBSAH

Úvod	11
1 Pásový dopravník	12
1.1 Základní rozdělení pásových dopravníků	12
1.1.1 Podle použití a nosné konstrukce	12
1.1.2 Podle druhu pásu (tažného elementu).....	12
1.1.3 Podle směru dopravy	13
1.2 Schéma pásového dopravníku	13
2 Hlavní prvky pásového dopravníku.....	14
2.1 Nosná příhradová konstrukce	14
2.2 Vzpěry + kotevní patky dopravníku	15
2.3 Bubny	16
2.3.1 Hnací buben.....	16
2.3.2 Hnaný buben.....	19
2.4 Válečky	21
2.4.1 Nosné válečky	21
2.4.2 Vratné válečky	23
2.5 Dopadové lože	24
2.6 Dopadové lišty	25
2.7 Dopravní pás	26
2.8 Pohon	28
2.9 Čističe a stěrače pásu	29
3 Doplnkové prvky pásových dopravníků.....	31
3.1 Násypka	31
3.2 Obslužná lávka.....	32
3.3 Bezpečnostní prvky pásových dopravníku	33
3.3.1 Kryty rotujících částí	33
3.3.2 Bezpečnostní lankové vypínání	35
3.4 Technologické snímače pasových dopravníků	36
4 Funkční výpočet pásového dopravníku	40
4.1 Výpočet výškového rozdílu	40
4.2 Volba jmenovité rychlosti dopravního pásu	41
4.3 Teoretický průřez náplně dopravovaného materiálu.....	41
4.4 Volba šířky dopravníkového pásu	41
4.5 Skutečná plocha průřezu náplně dopravovaného materiálu	42
4.5.1 Dynamický sypaný úhel	42

4.5.2	Využitelná ložná šířka pásu	43
4.6	Plocha horní části S_1 (plocha vrchlíku).....	43
4.7	Plocha dolní části S_2 (plocha korýtky).....	44
4.8	Výpočet skutečného dopravovaného množství materiálu	44
4.8.1	Součinitel sklonu	44
4.8.2	Součinitel korekce vrchlíku náplně pásu	45
4.9	Největší dopravní výkon pásového dopravníku.....	45
4.10	Kontrola přepravovaného množství materiálu	45
4.11	Obvodová síla potřebná na poháněcím bubnu	45
4.11.1	Výpočet hlavních odporů F_H	46
4.11.2	Výpočet vedlejších odporů F_n	48
4.11.3	Výpočet přidavných hlavních odporů F_{S1}	51
4.11.4	Výpočet přidavných vedlejších odporů F_{S2}	52
4.11.5	Výpočet odporu pro překonání dopravní výšky	54
4.12	Potřebný provozní výkon pohonu pásového dopravníku.....	54
4.13	Potřebný provozní výkon poháněcího motoru	55
4.13.1	Výpočet otáček	55
4.13.2	Výpočet krouticího momentu	55
4.14	Síly v pásu	56
4.14.1	Přenos obvodové síly na poháněcím bubnu	56
4.14.2	Maximální obvodová hnací síla.....	57
4.14.3	Nejmenší tahová síla pro horní (nosnou) větev s ohledem na průvės	57
4.14.4	Nejmenší tahová síla pro dolní (vratnou) větev s ohledem na průvės.....	57
4.14.5	Největší tahová síla v pásu	58
4.14.6	Tahová síla v horní (nosné) větvi	58
4.14.7	Tahová síla v dolní (vratné) větvi.....	58
4.15	Celková síla působící na buben.....	59
4.16	Pevnostní kontrola pásu	59
4.17	Velikost napínací síly	59
5	Pevnostní výpočet.....	60
5.1	Pevnostní výpočet pláště hnaného bubnu	60
5.1.1	Volba materiálu pláště	60
5.1.2	Rozměry hnaného bubnu	60
5.1.3	Průběh VVÚ	60
5.1.4	Výpočet zatížení	61
5.1.5	Výpočet silových reakcí	61

5.1.6	Maximální ohybové napětí na hnaném bubnu (bod C)	62
5.1.7	Výpočet bezpečnosti vzhledem k meznímu stavu pružnosti (bod C).....	63
5.2	Pevnostní výpočet hřídele hnaného bubnu	63
5.2.1	Volba materiálu hřídele	63
5.2.2	Rozměry hřídele	63
5.2.3	Průběh VVÚ	64
5.2.4	Výpočet silových reakcí na hřídeli	64
5.2.5	Maximální ohybové napětí na hnaném bubnu (bod G)	65
5.2.6	Výpočet bezpečnosti vzhledem k meznímu stavu pružnosti (bod G)	66
6	Rešerše výrobců podobných zařízení	67
	Závěr	73
	Použité informační zdroje.....	74
	Seznam použitých zkratk a symbolů	78
	Seznam příloh	82

ÚVOD

Předkládaná bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce šikmého pásového dopravníku pro haldování odvodněného štěrkopísku frakce 0 - 4 mm z technologické linky. Pásový dopravník je navržen na dopravní výkon $70\,000\text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$, osovou vzdálenost 15 m a sklon 18° .

Práce je rozdělena do šesti základních částí. První z nich se zabývá popisem a rozdělením pásových dopravníků. Následují dvě kapitoly, které jsou zaměřeny na hlavní a doplňkové prvky pásových dopravníků. Ve čtvrté a páté části práce je předložen funkční výpočet a pevnostní výpočet vybraných částí. Poslední kapitola se pak věnuje rešerši výrobců podobných zařízení.

Funkční výpočet tohoto dopravníku je proveden na základě normy ČSN ISO 5048.

Pevnostní výpočet je proveden pro plášť a hřídel hnaného bubnu. Do přílohy je také přiložen kontrolní výpočet čepů podpěr dopravníku na střih a otlačení. Posouzení všech prvků či aspektů konstrukce by totiž zdaleka přesáhlo rozsah bakalářské práce.

Kompletně navržené konstrukční řešení tohoto dopravníku je provedeno pomocí 3D modelování v programu Autodesk Inventor 2017. Z modelu jsou také následně vyrendrovány obrázky použité v této práci. Model poslouží rovněž jako podklad pro vypracování sestavného výkresu a výrobních výkresů hnacího bubnu. Všechny výše zmíněné výkresy jsou připojeny k této práci.

1 PÁSOVÝ DOPRAVNÍK

Pásové dopravníky jsou nejrozšířenějším druhem zařízení pro přepravu sypkých partikulárních nebo kusových materiálů. Klíčovým prvkem těchto zařízení je dopravní pás, který plní hned dvě zásadní funkce. První z nich je funkce nosného členu, druhá pak funkce tažného členu. Mezi jejich přednostmi patří zejména jejich příznivé technické a ekonomické vlastnosti. [2], [3]

Pásové dopravníky jsou konstruovány pro přepravu materiálů s objemovou přepravní kapacitou až $10\,000\text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ při pracovní rychlosti do $5\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Rozsah přepravních vzdáleností těchto strojů sahá od několika metrů až po několika kilometrové vzdálenosti. [1]

Výhody [1]

- plynulost přepravy materiálu a s tím spojená vysoká dopravní výkonnost
- možnost přepravy širokého spektra sypkých, ale i kusových materiálů
- překonávání dlouhých vzdáleností a sklonů v terénu
- provozní spolehlivost
- nehlučný a ekologický provoz
- relativně jednoduchá konstrukce, montáž a demontáž

Nevýhody [1]

- limitovaná životnost tažného elementu, tedy dopravního pásu, v důsledku jeho opotřebení
- vysoká cena tažného elementu

1.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

Rozdělení pásovéch dopravníků dle literatury [1], [3]

1.1.1 PODLE POUŽITÍ A NOSNÉ KONSTRUKCE

- stabilní (ocelová konstrukce je pevně spojena se základem)
- pojízdné
- přenosné
- báňské
- stavební

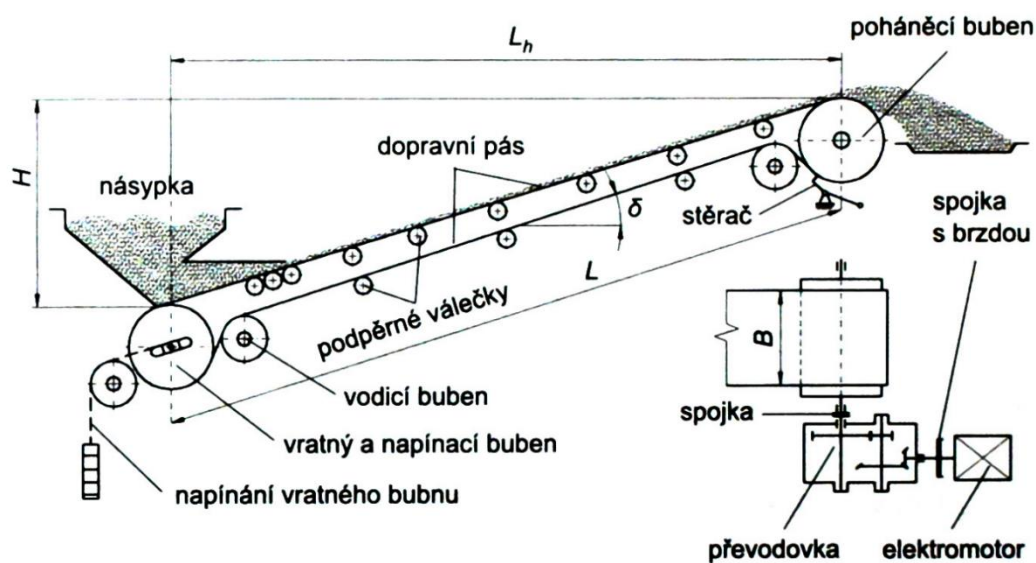
1.1.2 PODLE DRUHU PÁSU (TAŽNÉHO ELEMENTU)

- gumový (gumo-textilní nebo ocelolanový)
- plastový
- ocelový
- z drátěného pletiva

1.1.3 PODLE SMĚRU DOPRAVY

- horizontální
- stoupající
- klesající
- s kombinovaným směrem, tzv. lomené dopravníky (konvexní, konkávní)

1.2 SCHÉMA PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU



Obr. 1 Schéma šikmého pásového dopravníku [4]

2 HLAVNÍ PRVKY PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

2.1 NOSNÁ PŘÍHRADOVÁ KONSTRUKCE

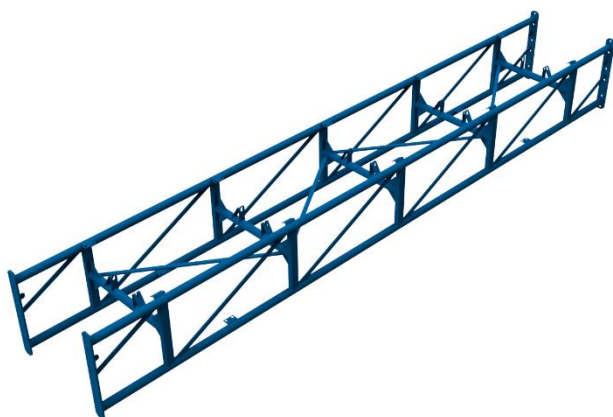
Výhody

- tuhost, robustnost
- relativně nízká hmotnost oproti plnonosníkové konstrukci
- možnost zavěšení pochozích servisních lávek bez nutnosti dalších ocelových konstrukcí
- možnost montáže otočného věnce pro vytvoření otočného haldovacího dopravníku

Nevýhody

- složitost a náročnost výroby této konstrukce
- větší rozměry a tím vyšší nároky na prostor oproti plnonosníkové konstrukci

Základní nosný rám navrženého pásového dopravníku tvoří svařovaná, segmentová, příhradová konstrukce (2 vnitřní segmenty o délce 5 m (obr. 2), napínací segment a hnací segment). Jednotlivé segmenty jsou tvořeny podélnicemi a příčnými spojnicemi z trubek kruhového průřezu o průměru 57,0 x 3,2 – ČSN 42 5715 dle [5]. Příčné spojnice zároveň slouží jako nosný prvek, na který jsou přivařeny ohýbané plechy pro ukotvení horních (nosných) válečků. Celá příhradová konstrukce je vyztužena diagonálami (zavětrováním) z trubek obdélníkového průřezu o rozměrech 60 x 40 x 3 a 30 x 15 x 2 – ČSN 42 5720 dle [5]. Jednotlivé segmenty jsou vzájemně spojeny přes čelní desky pevnostními šrouby (obr. 3).



Obr. 2 Vnitřní segment příhradové konstrukce délky 5 m



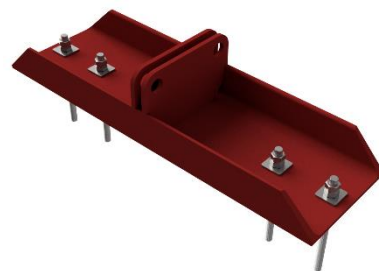
Obr. 3 Detail připojení čelními deskami

2.2 VZPĚRY + KOTEVNÍ PATKY DOPRAVNÍKU

Vzpěry dopravníku se vzhledem k rozměrům skládají ze čtyř svařenců, zavětrování, z patek pro uchycení příhradové konstrukce a kotevních patek pro ukotvení do betonového základu nebo prefabrikovaného panelu. Tímto je zaručena snadnější přeprava na návěsu klasického kamionu.¹ Základní prvek svařenců tvoří válcovaný profil HEA 120 – DIN 1025-3 dle [28]. Svařence jsou vzájemně spojeny přes čelní desky pevnostními šrouby (obr. 7). Vyztužení celku je zajištěno pomocí zavětrování profily L 60 x 6 – ČSN 42 5541 dle [5], které jsou přišroubovány k plechovým praporkům na svařencích (viz obr. 4). Patky pro ukotvení dopravníku do betonového základu (obr. 5) jsou tvořeny dvěma plechy a profilem U 300 – ČSN 42 5570 dle [5]. Celek svařenců je s patkami spojen válcovými čepy a kompletní podpěra dopravníku uchycena k příhradové konstrukci pomocí patek (obr. 6) a U-třmenů DN 50 – DIN 3570 dle [16] a obr. 7.



Obr. 4 Sestava vzpěr dopravníku

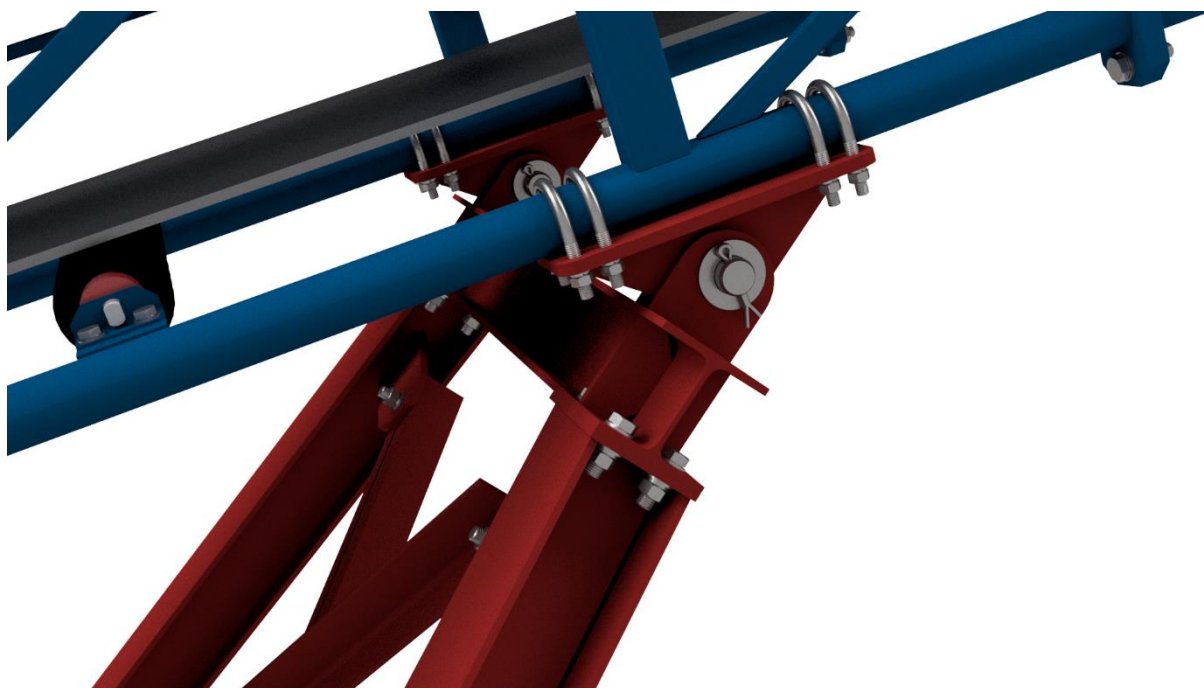


Obr. 5 Patka pro ukotvení dopravníku do základu



Obr. 6 Patka pro ukotvení vzpěry k příhradové konstrukci

¹ Rozměry klasického plachtového návěsu s bočnicemi – Š x V x D – 2,45 x 2,7 x 13,60 m, nosnost 24 tun (viz. [1] Celovozové kamiony. I.T.S. Spedition Brno, spol. s r.o. [online]. [cit. 04. 11. 2017]. Dostupné z: <http://its-spedition.cz/sluzby/celovozove-kamiony>).



Obr. 7 Detail připojení svařenců pomocí čelních desek a ukotvení příhradové konstrukce k podpěrám

2.3 BUBNY

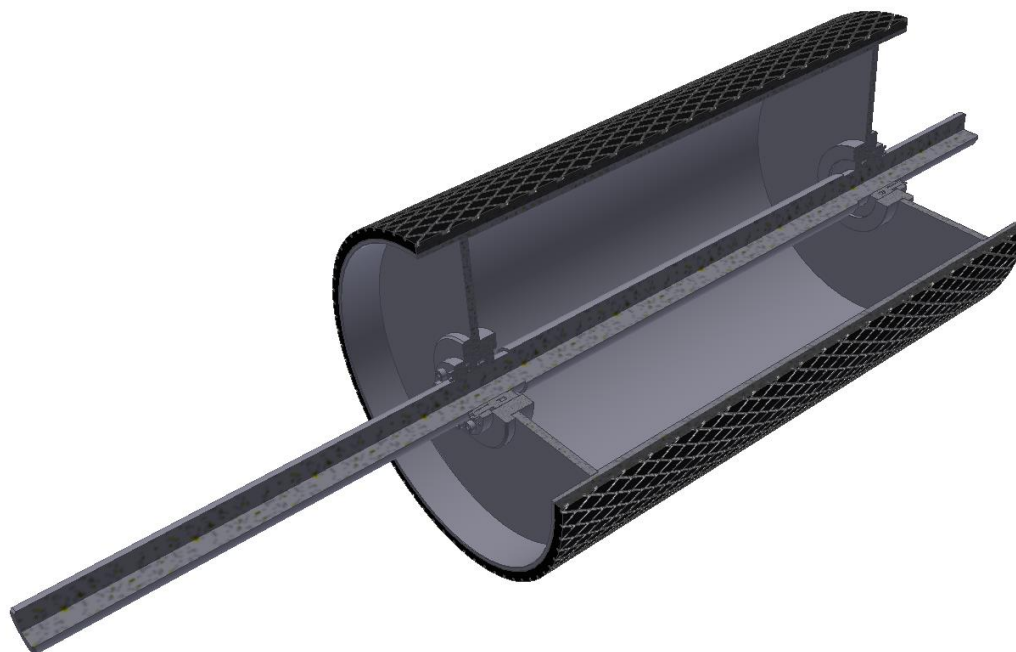
Bubny pásových dopravníků se vyrábějí lité, nebo svařované. Plášť bubnů se většinou vyrábí rovný s kuželovými konci nebo bombírovaný. Těmito tvary je zaručeno lepší vedení dopravního pásu a také jeho samovystředění. Rozlišují se na tři základní typy [3], [1]:

- hnací
- hnané
- převáděcí

2.3.1 HNACÍ BUBEN

Hnací buben je součástí poháněcí stanice a přenáší hnací obvodovou sílu na pás prostřednictvím smykového tření mezi bubnem a pásem. Z tohoto důvodu se umísťuje na stranu výsypu (přepadu). Hnací bubny jsou vyráběné s ocelovým hladkým povrchem, osoustružené. Pro dosažení většího součinitele tření se povrch pláště pogumovává nebo opatřuje hliníkovým nebo keramickým obložením (šroubovaným nebo nýťovaným). [2]

Hnací buben (obr. 8) je svařenec složený z pláště, dvou kusů bočních stěn a dvou kusů vložek pro svěrná pouzdra. Přes otvory ve vložkách je prostrčený hřídel, který je následně pomocí svěrných pouzder upevněn ke svařenci. Na povrch bubnu je nalepeno pogumování se vzorkem.



Obr. 8 Řez hnacím bubnem

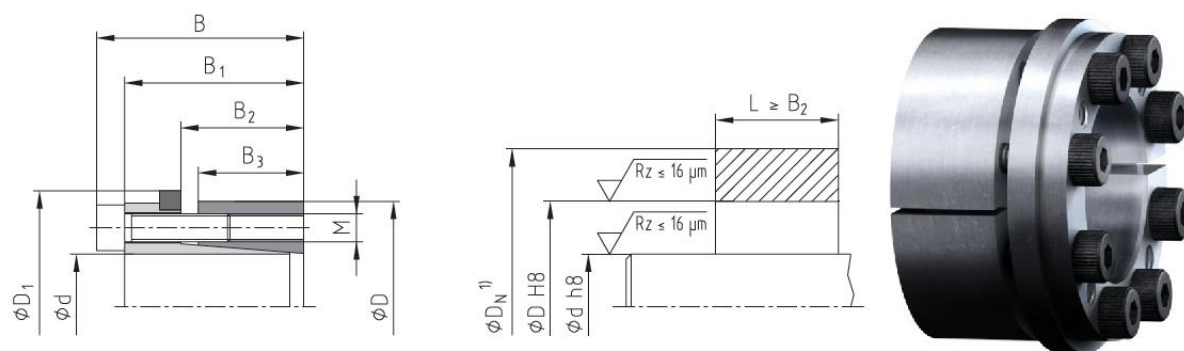
Plášť hnaného bubnu je vyroben z polotovaru TR $\varnothing 324 \times 10 - 610$ mm – ČSN 42 5715 dle [32]. Tato trubka je obráběna na finální rozměry: vnější průměr 320 mm, vnitřní neobrobený průměr 304 mm a délku 600 mm. V plášti se z každé strany vytvořeno osazení, do kterého jsou přivařeny boční stěny bubnu (plech tloušťky 8 mm) a vložky pro svěrná pouzdra.

Hřídel je vyrobena z tyče kruhového průřezu válcované za tepla $\varnothing 45 - 1110$ mm – ČSN 42 5510 dle [33] a následně obrobená na finální rozměry: vnější průměr 40 mm, délka 1100 mm.

Pro upevnění hřídele ve svařenci byly použity samostředící svěrná pouzdra (obr. 9) firmy Clampex KTR typ 201 o rozměrech 40 x 65 dle [13].

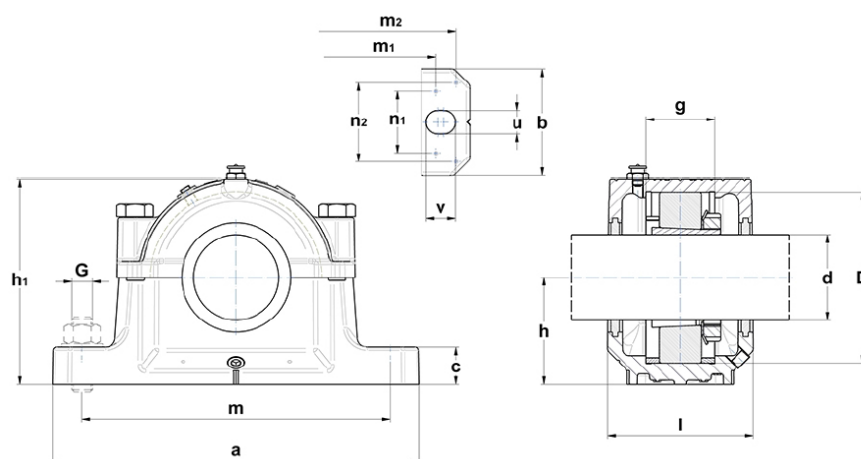
Tab. 1 Základní údaje o samostředícím svěrném pouzdře 40 x 65, typ 201 [13]

d x D	B	B ₁	B ₂	B ₃	D ₁	M
[mm]						
40 x 65	48	42	31	26	71	M6



Obr. 9 Samostředící svěrné pouzdro Clampex typ 201 [13]

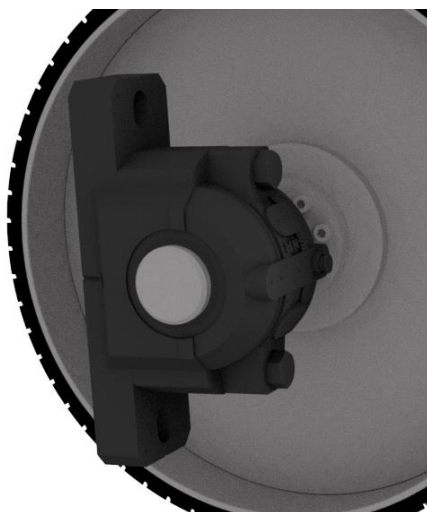
Hřídel hnacího bubnu je uložena v dělené ložiskové jednotce SNC 509 od firmy NTN-SNR dle [24]. Jako valivý člen v této jednotce je použito radiální dvouřadé soudečkové ložisko 22209 K s kuželovou dírou. Toto ložisko je naklápěcí a proto může vyrovnávat případnou nesouosost hřídele vzhledem k výsypné části příhradové konstrukce, nebo průhyb hřídele hnacího bubnu. Ložisko je na hřídel upevněno pomocí upínacího pouzdra H 309 a zajištěno KM maticí. Při montáži se ložiska s upínacími pouzdry nasadí na hřídel, nachystají na požadovanou osovou vzdálenost (dle výkresové dokumentace) a poté se obě ložiska zatáhnou pomocí KM matic. Na jednotlivá ložiska jsou namontována ložisková tělesa a celý buben se spodní části ložiskového tělesa usadí do držáků připravených na příhradové konstrukci. KM matici nelze utáhnout v případě, že je hřídel i s ložiskem v ložiskovém tělese. Proti případnému vniknutí nečistot do ložiska je těleso utěsněno pomocí dvoubřitého těsnění SNC 509 DS. Základní údaje o této jednotce dle obr. 10 a tab. 2.



Obr. 10 Schéma ložiskové jednotky SNC 509 [24]

Tab. 2 Základní údaje o ložiskové jednotce SNC 509 [24]

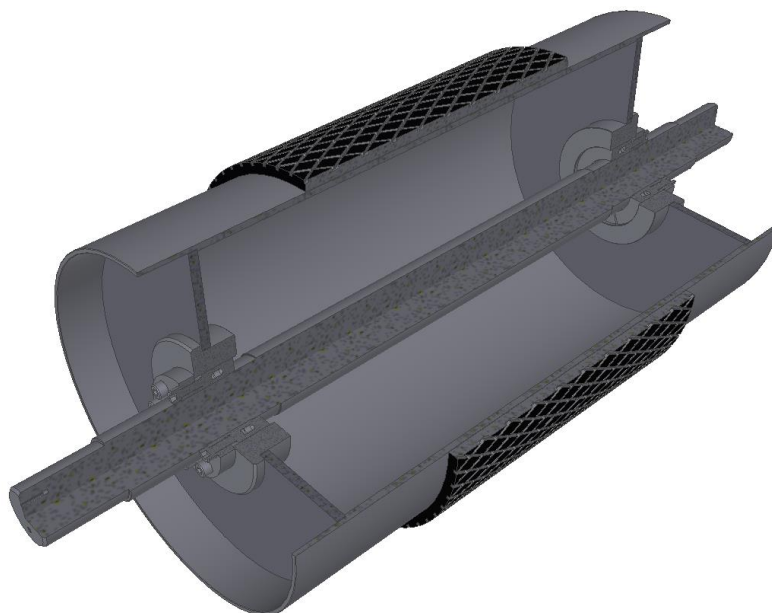
d	D	h	h ₁	l	m	m ₁	m ₂	a	c	b	v	u	g	G
[mm]														
40	85	60	110	85	170	160	188	205	25	60	20	15	30	M12



Obr. 11 Ložisková jednotka SNC 509 s hnacím bubnem

2.3.2 HNANÝ BUBEN

Hnaný buben, který v navržené konstrukci slouží zároveň jako napínací buben je svařenec složený z pláště, dvou kusů bočních stěn a dvou kusů vložek pro svěrná pouzdra. Přes otvory ve vložkách je prostrčený hřídel, který je následně pomocí svěrných pouzder upevněn ke svařenci. Na část povrch bubnu je nalepeno pogumování se vzorkem.



Obr. 12 Řez hnaným bubnem

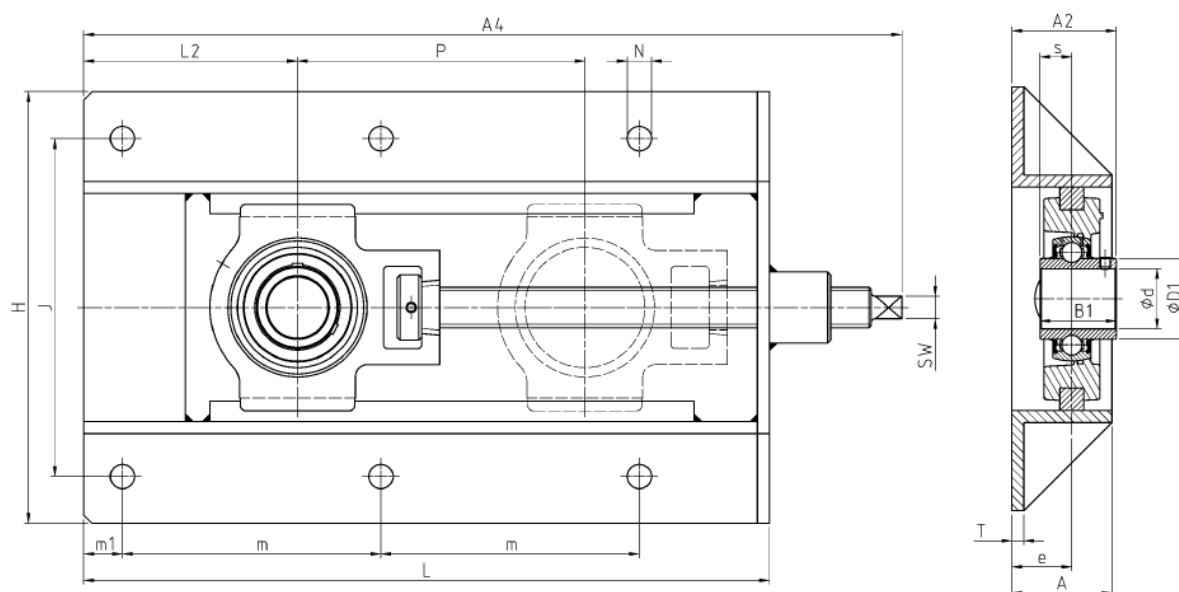
Plášť hnaného bubnu je vyroben z polotovaru TR \varnothing 324 x 10 - 610 mm – ČSN 42 5715 dle [32]. Tato trubka je obráběna na finální rozměry: vnější průměr 320 mm, vnitřní neobrobený průměr 304 mm a délku 600 mm. V plášti je z každé strany vytvořeno osazení, do kterého jsou přivařeny boční stěny bubnu (plech tloušťky 8 mm) a vložky pro svěrná pouzdra.

Hřídel je vyrobena z tyče kruhového průřezu válcované za tepla \varnothing 60 - 840 mm – ČSN 42 5510 dle [34] a následně obrobená na finální rozměry: vnější průměr 55 mm, délka 835 mm. Pro upevnění hřídele ve svařenci byly použity samostředící svěrná pouzdra (obr. 9) firmy Clampex KTR typ 201 o rozměrech 55 x 85 dle [13].

Tab. 3 Základní údaje o samostředícím svěrném pouzdře 55 x 85, typ 201 [13]

d x D	B	B ₁	B ₂	B ₃	D ₁	M
[mm]						
55 x 85	59	51	35	30	91	M8

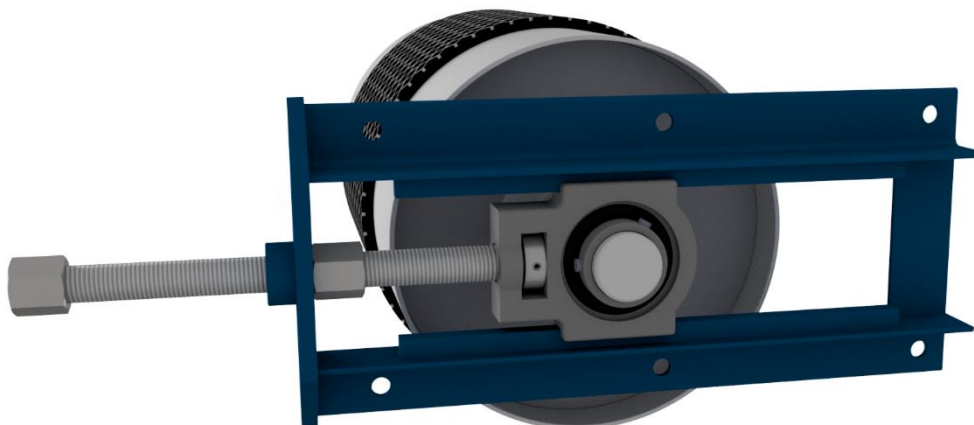
Hřídel hnaného bubnu je uložena v napínací ložiskové jednotce UCT210+WB (obr. 14) od firmy NTN-SNR dle [24]. Jednotka se skládá z jednořadého oboustranně utěsněného kuličkového ložiska UC210G2, napínacího ložiskového tělesa T210 s tlačným trapézovým šroubem a nosného rámu WB210. Základní údaje o této jednotce dle obr. 13 a tab. 4.



Obr. 13 Schéma napínací ložiskové jednotky UCT210+WB [24]

Tab. 4 Základní údaje o jednotce UCT210+WB [24]

d	D ₁	A	A ₂	A ₄	L	L ₂	P	H	J	m	m ₁	N	e	s	T	SW
[mm]																
50	61,8	50	62,6	593	520	108	300	233	192	219	22	15	30	19	6	15



Obr. 14 Napínací ložisková jednotka UCT210+WB s hnáným bubnem

2.4 VÁLEČKY

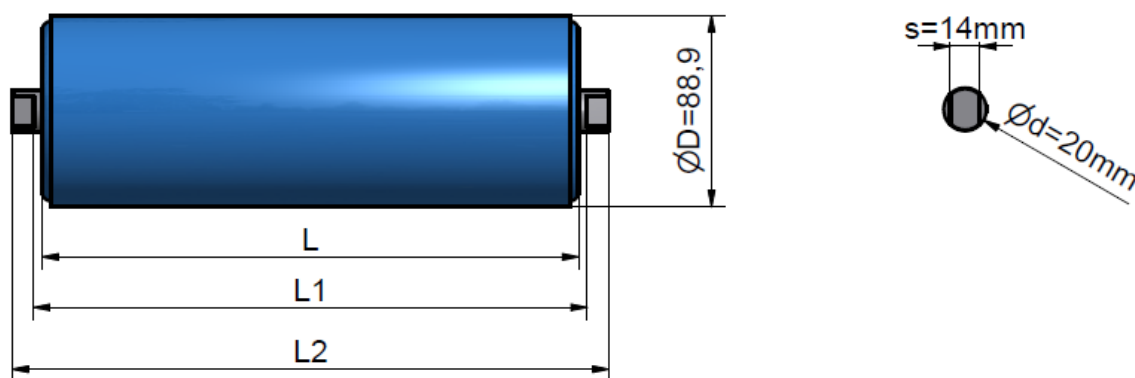
Váleček je jednou z nejdůležitějších částí dopravníků. Slouží k podpírání a vedení dopravního pásu. Uložením do válečkových stolic tvoří základní tvar a velikost ložného průřezu. „Správně navržený a vyrobený váleček má mít nízký odpor proti otáčení, dobrou životnost, malou hmotnost. Nemá vyžadovat časté mazání a má být výrobně jednoduchý. Plášť válečku je nejčastěji uložen ve valivých ložiscích.“ (dle literatury [2], str. 233).

2.4.1 NOSNÉ VÁLEČKY

V nosné větvi jsou použity ocelové hladké válečky Ø89/200/6204/20/14 (obr. 15) od firmy AMG - Karel Pícha, s.r.o. Plášť válečku tvoří trubka podélně svařovaná o průměru 88,9 x 3,0 – EN 10219. Víčka válečku jsou vyrobená z hlubokotažného plechu tl. 2 mm a přivařeny k plášti. Hřídel je uložen v kuličkových ložiscích 6204 2RS C3. Ložiska jsou chráněna proti vniknutí nečistot čtyřdílným labyrintovým těsněním s pozinkovanou krytkou. Povrchová úprava – práškově lakováno odstínem RAL 5015 (modrá). [10]

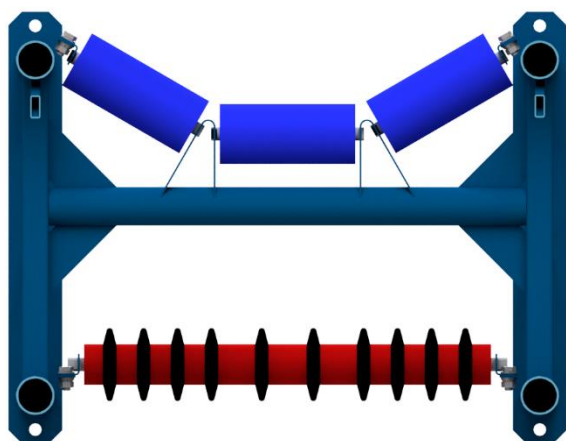
Tab. 5 Základní údaje o hladkém ocelovém válečku [10]

Celková hmotnost válečku	Hmotnost rotujících částí válečku	L	L ₁	L ₂
[kg]		[mm]		
2,44	2,1	200	208	228

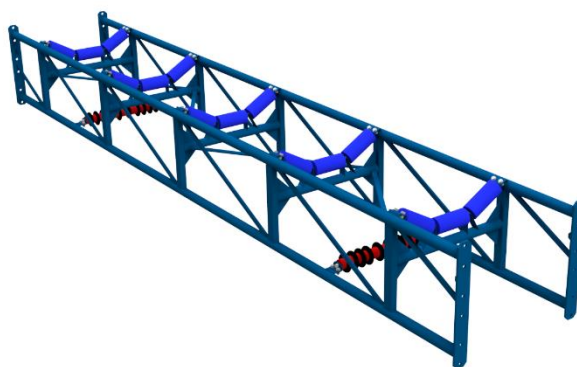


Obr. 15 Nosný ocelový hladký váleček – Ø89/200/6204/20/14 [10]

Nosné válečky jsou ukotveny do plechových držáků s drážkami, které jsou součástí nosné příhradové konstrukce. Takto seskládané válečky tvoří navrženou tříválečkovou stolicí dle obr. 16.

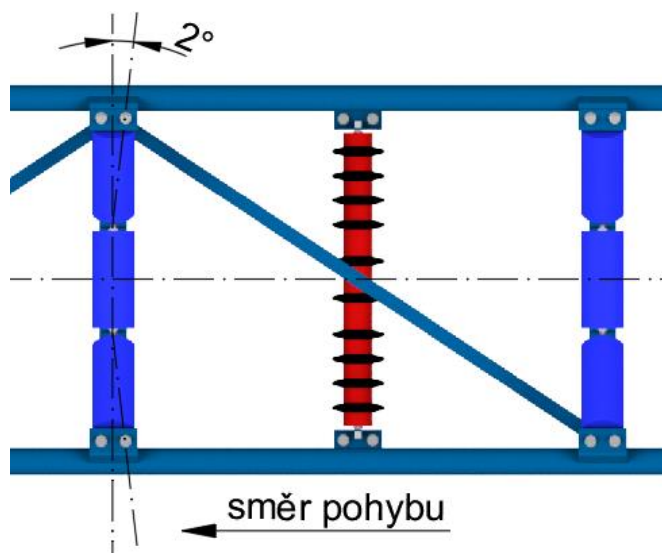


Obr. 16 Uspořádání válečků v nosné a vratné větvi



Obr. 17 Nosný segment s válečkovými stolicemi

Vlivem nesprávného spojení pásu, nepřesnou montáží válečků, nerovnoměrným zatížením pásu po šířce atd. dochází k vybočování pásu, „tj. *podélná osa pásu se vychyluje ze svislé roviny souměrnosti dopravníku.*“ (dle literatury [2], str. 253) K zamezení tohoto nežádoucího jevu se používají tzv. strážní válečky, popřípadě se krajní válečky, pomocí drážek v držácích, odkloňují od kolmice k ose pásu [3] (viz obr. 18).



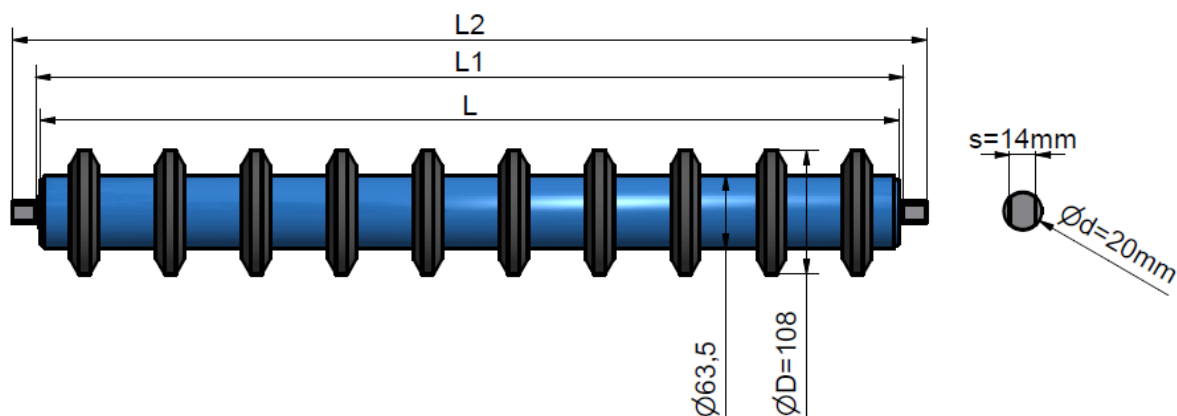
Obr. 18 Odklon krajních válečků od kolmice k ose pásu

2.4.2 VRATNÉ VÁLEČKY

Ve vratné větvi jsou použity diskové válečky $\varnothing 108/63/600/6204/20/14$ od firmy AMG - Karel Pícha, s.r.o. Plášť válečku tvoří trubka podélně svařovaná o průměru 63,5 x 2,9 – EN 10219. Víčka válečku jsou vyrobená z hlubokotažného plechu tloušťky 2 mm a přivařeny k plášti. Hřídel je uložen v kuličkových ložiscích 6204 2RS C3. Ložiska jsou chráněna proti vniknutí nečistot čtyřdílným labyrintovým těsněním s pozinkovanou krytkou. Na plášť válečku je nalisováno 10 ks pryžových disků o průměru 108 mm s tvrdostí 68 ± 5 Sh. Povrchová úprava – práškově lakováno odstínem RAL 5015 (modrá). [10]

Tab. 6 Základní údaje o diskovém válečku [10]

Celková hmotnost válečku	Hmotnost rotujících částí válečku	L	L ₁	L ₂
[kg]		[mm]		
5,7	5,1	600	608	648



Obr. 19 Vratný diskový váleček – $\varnothing 108/63/600/6204/20/14$ [10]

2.5 DOPADOVÉ LOŽE

V místě nakládání materiálu na pásový dopravník absorbuje dopadové lože nárazovou energii materiálu dopadajícího z výšky na dopravní pás. Dopadové lože poskytuje maximální podporu pásu v celé délce a šířce zóny nakládání materiálu, preventivně zabraňuje poškození dopravního pásu a minimalizuje spád materiálu. [37]

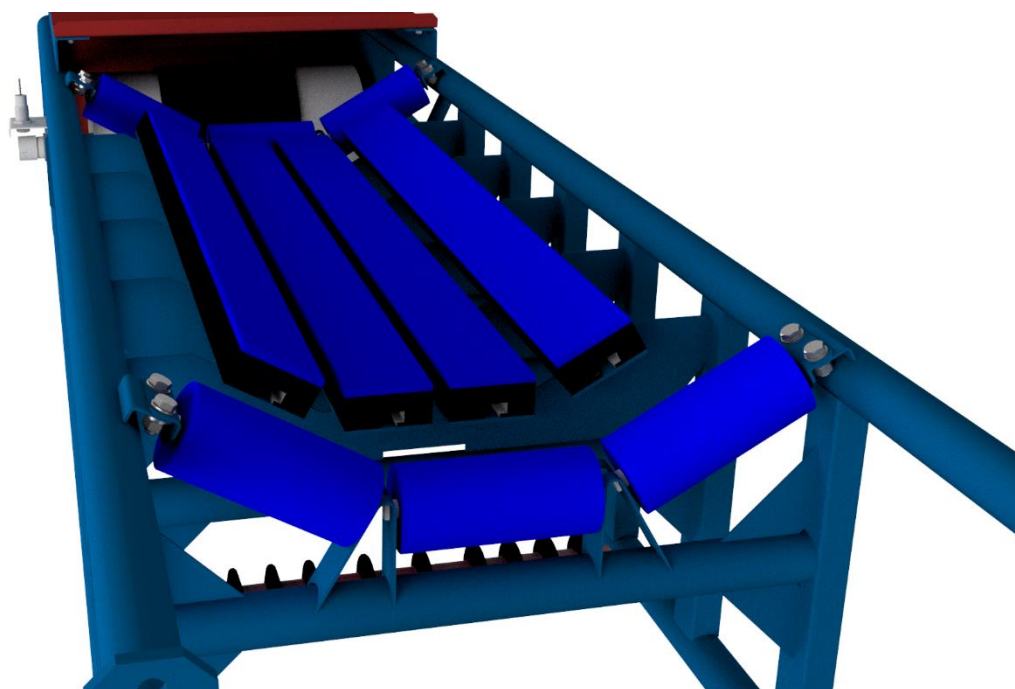
Výhody:

- Snadná instalace a možnost variabilního uspořádání dopadu
- Tlumí nárazy způsobené dopadajícím materiálem
- Zvyšuje životnost dopravního pásu a komponentů dopravníku, protože nedochází k prověšení pásu při zatížení dopadajícím materiálem

Nevýhody:

- Vyšší pořizovací cena oproti dopadovým válečkům
- Větší odpor tření mezi lištami a dopravním pásem z čehož plynou vyšší nároky na pohon

Pro navrhovaný dopravník je zvoleno dopadové lože složené ze čtyř dopadových lišt. Lišty jsou usazeny na dopadové lože (obr. 20) vytvořené z plechových výpalků, které jsou součástí napínacího segmentu. Tyto lišty jsou uspořádány do stejného tvaru jako nosné válečky.



Obr. 20 Dopadové lože na násypném segmentu příhradové konstrukce

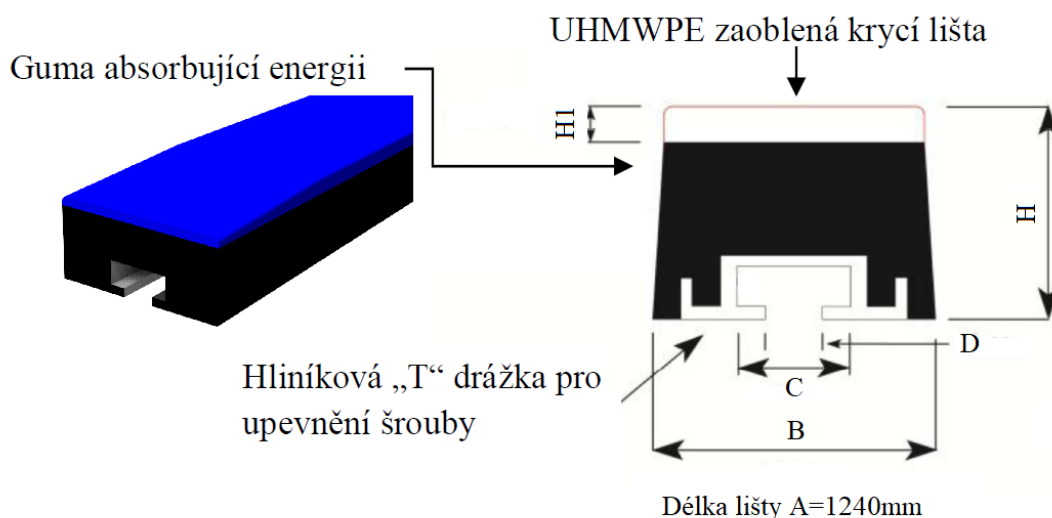
2.6 DOPADOVÉ LIŠTY

Na dopadové lože navrhovaného dopravníku byly použity dopadové lišty firmy CAB minerals, s.r.o. Dopadová lišta je vyrobena z černé tlumící pryže s horní kluznou vrstvou z UHMWPE² materiálu (obr. 21). Tlumící pryž výborně absorbuje nárazy vzniklé dopadáním materiálu a horní vrstva má výborné kluzné vlastnosti a vysokou odolnost vůči otěru. Lišta se na dopadové lože upevňuje pomocí „T“ šroubů nasazených do hliníkové „T“ drážky, která je zavulkanizovaná do černé tlumící pryže. [12]

Tab. 7 Rozměry dopadové lišty [12]

A	B	C	D	H	H1	c _{dl}
[mm]						[-]
1240	100	36	19	55	12	0,07

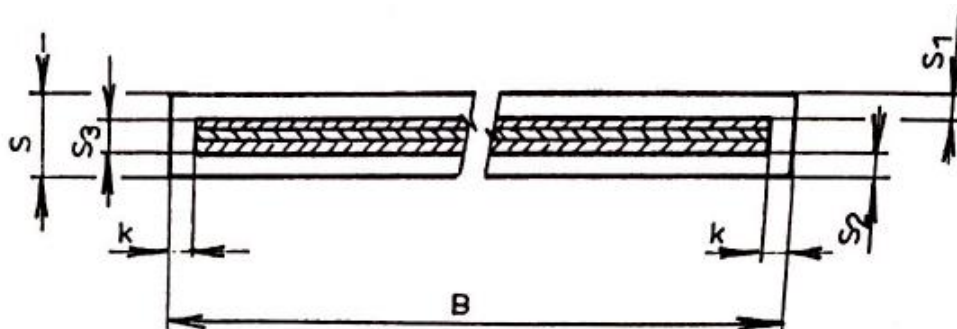
² UHMWPE - celým názvem Ultra High Molecular Weight Polyethylene je plast, který má asi 10x vyšší molekulovou hmotnost než polyetylén s vysokou hustotou (HDPE). Jeho charakteristickými mechanickými vlastnostmi jsou vysoká odolnost proti otěru, nárazová pevnost a nízký koeficient tření. (viz. [11] Braskem [online]. [cit. 05. 11. 2017]. Dostupné z: http://www.braskem.com.br/Portal/utec/arquivos/Brochure/UTEC_Brochure.pdf)



Obr. 21 Dopadová lišta [12]

2.7 DOPRAVNÍ PÁS

Dopravní pás je nosným, tažným a nejdůležitějším členem pásového dopravníku. „Skládá se z kostry, tvořené vložkami, která je oboustranně chráněna krycími vrstvami a ochrannými okraji.“ (dle literatury [6] str. 1). Vrchní krycí vrstva (s_1) má za úkol ochránit textilní vrstvu (s_3) před abrazí materiálu a různým mechanickým poškozením. Dolní krycí vrstva (s_2) chrání textilní vrstvu před abrazí od válečků a bubnů. Boční vrstvy (k) chrání textilní vrstvy před odíráním strážními válečky nebo vodícími lištami. [3]



Obr. 22 Řez dopravním pásem [6], str. 2

Pro navržený dopravník byl zvolen hladký pás EP 400/3 4+2 AA, šířky 500 mm od firmy CONTINENTAL MATADOR RUBBER, s.r.o. Jedná se o pás se třemi textilními vložkami (EP – podélně polyester, příčně polyamid) pro brusivý, zrnitý a sypný materiál. Tento pás se využívá zejména pro šterkopískovny, vápenky, cementárny, tepelné elektrárny, důlní průmysl, při těžbě surovin. [22]

Základní technické údaje o tomto produktu v tab. 8.

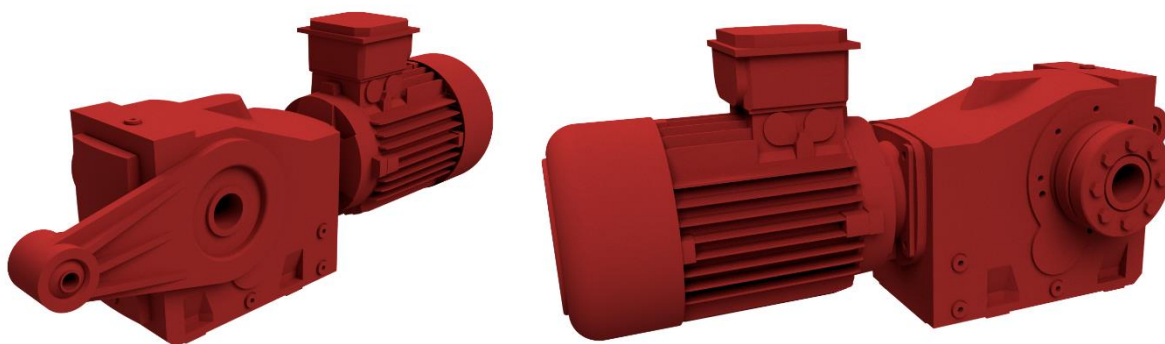
Tab. 8 Základní údaje o hladkém pásu EP 400/3 4+2 AA [22]

Typ kostry	[-]	EP
Nominální pevnost v tahu	[N/mm]	400
Počet vložek	[-]	3
Tloušťka horní krycí vrstvy	[mm]	4
Tloušťka dolní krycí vrstvy	[mm]	2
Typ gumové krycí vrstvy	[-]	AA
Tloušťka pásu	[mm]	9,1
Minimální průměr bubnu	[mm]	315
Šířka pásu	[mm]	500
Hmotnost 1 m pásu	[kg·m ⁻²]	6,66
Otěruvzdornost horní krycí vrstvy	[mm ³]	< 90
Okolní teplota	[°C]	-25 až +60

2.8 POHON

Dle vypočtených hodnot a po konzultaci s firmou Jakos byl pro navrhovaný pásový dopravník zvolen pohon Nord s typovým označením SK9032.1 AZSD - 100 AH/4 EI2. Jedná se o čtyřpólový, třífázový elektromotor o výkonu 3,0 kW s třídou účinnosti EI2 a třístupňovou kuželočelní převodovkou s dutým výstupním hřídelem (obr. 23).

Tento pohon byl zvolen zejména kvůli své spolehlivosti, téměř bezúdržbovému provozu a výkonnosti. Jako velké pozitivum považují i variabilitu (volba typu připojení, korozní ochrany, umístění napojení elektra, volba zesílených ložisek, prostředí provozu atd.) a také široké spektrum výkonů motorů a krouticích momentů převodovek.

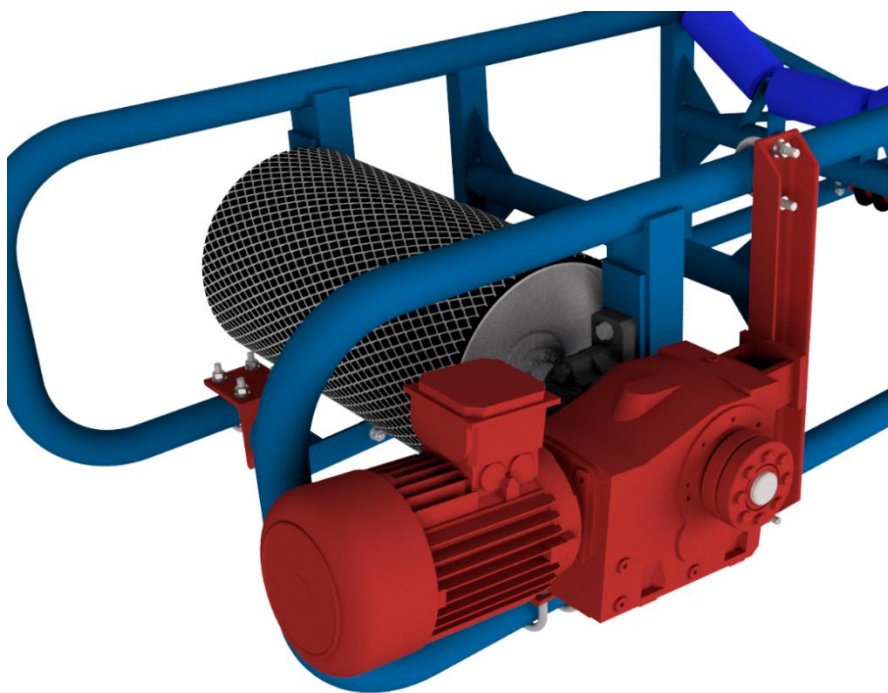


Obr. 23 Elektromotor s kuželočelní převodovkou NORD [23]

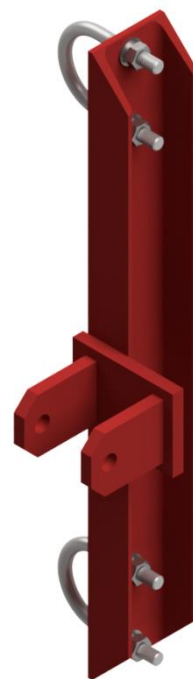
Tab. 9 Základní údaje o pohonu NORD SK9032.1 AZSD - 100 AH/4 EI2 [23]

Výkon motoru	[kW]	3,0
Výstupní otáčky	[min ⁻¹]	83
Výstupní krouticí moment	[N·m]	343
Provozní součinitel	[-]	4,2
Převodové číslo	[-]	17,08
Hmotnost	[kg]	83

Pro spojení hnacího bubnu s pohonem slouží dutý hřídel, kterým se prostrčí hřídel bubnu a ta se zajistí pomocí svěrného spoje. Součástí pohonu je momentové rameno, které slouží pro připojení celého pohonu k držáku (obr. 25). Síly upínacích šroubů držáku pohonu se nesmí přenést do ložisek převodovky a bubnu, proto je momentové rameno opatřeno v upevňovacím otvoru pryžovým pouzdem, které tlumí rázová zatížení [23]. Pohon s držákem je následně pomocí U-třmenů DN 50 – DIN 3570 dle [16] přichycen k výsypné části nosné příhradové konstrukce dle obr. 24.



Obr. 24 Připojení pohonu s držákem a hnacího válce k hnacímu segmentu příhradové konstrukce



Obr. 25 Držák pohonu

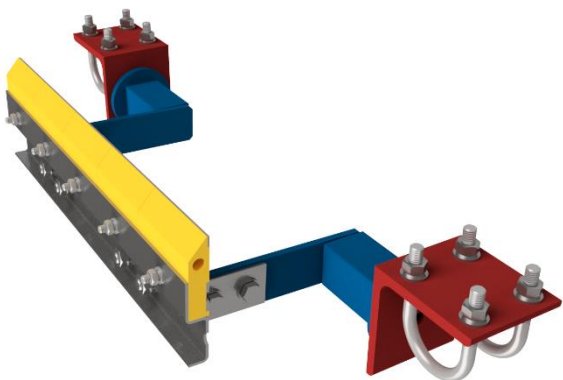
2.9 ČISTIČE A STĚRAČE PÁSU

Velmi důležitou částí pásového dopravníku jsou čističe a stěrače dopravního pásu. Jakmile dopravní pás opustí hnací buben jeho znečištěná horní vrstva (vnější vrstva pásu), na které ležel přepravovaný materiál, se odvaluje po vratných válečkách. Při přepravě lepkavých a vlhkých materiálů tak dochází k nalepování nečistot na vratné válečky, což výrazně ovlivňuje odpory těchto válečků, opotřebení pásu a hnacího bubnu. [3], [1] Tento problém se řeší pomocí stěrače umístěného pod osu hnacího bubnu.

Vnitřní strana dopravního pásu je čištěna pomocí šípového stěrače umístěného před hnací buben. Tímto je zaručena čistota povrchu bubnů a částečné zamezení vybočování pásu.

Pro navržený dopravník byl zvolen vnější stěrač Hampus 9205 od firmy Vendig (obr. 26). Tento čistič se skládá z pěti polyuretanových segmentů s karbidovým břitkem. Tlak segmentů zajišťují dva torzní prvky s předpjatými zkrutnými pružinami. Segmenty jsou uloženy do stavitelných ocelových držáků. [35]

Vnitřní šípový stěrač (na obr. 27) je svařenec tvořený z válcovaných profilů L 40 x 4 – ČSN 42 5541 dle [5] a pásovin. Do válcovaných L profilů je pomocí dalších pásovin a šroubů přichycena stírací pryž. Stěrač je k příhradové konstrukci přichycen pomocí plechových držáků s otvory a válcových čepů.



Obr. 26 Vnější stěrač Vendig 9205 s držáky pro uchycení na příhradovou konstrukci

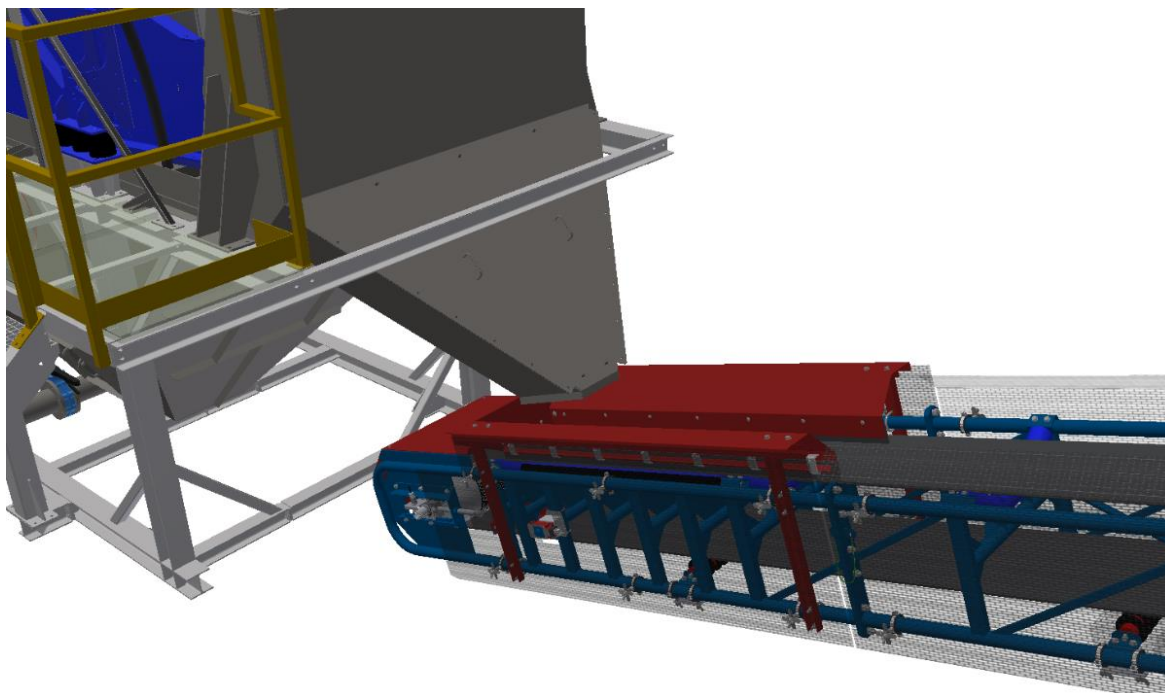


Obr. 27 Vnitřní šípový stěrač s kotvením

3 DOPLŇKOVÉ PRVKY PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

3.1 NÁSYPKA

Násypka slouží k usměrnění přepravovaného materiálu do středu dopravního pásu. Pro správnou funkci násypky je nutné, aby horní část byla širší než skluz nebo výsypka nadřazeného přesýpacího zařízení nebo technologie (obr. 28). Tímto je zaručeno bezproblémové plnění pásu dopravovaným materiálem.



Obr. 28 Výstup z odvodňovacího třídiče (skluzem) na dopravník

Násypku pro navržený dopravník (obr. 29) tvoří části z ohýbaných plechů a čtyři svařované držáky z válcovaných profilů U50 a U80 – ČSN 42 5570 dle [5]. K násypce je pomocí vratových šroubů, držáků z ohýbaného plechu a válcovaných profilů L 25 x 4 – ČSN 42 5541 dle [5] přichycena stavitelná pryž, která zamezuje propadávání materiálu mezerou mezi násypkou a dopravním pásem. Sestava násypky je pomocí U-třmenů DN 50 – DIN 3570 dle [16] přichycena k napínacímu segmentu příhradové konstrukce.

Násypku je možno, v místě dopadu materiálu na pás, pogumovat popřípadě vyložit deskami z ořezovzdorného materiálu (Hardox, PEHD).



Obr. 29 Násypka s držákem

3.2 OBSLUŽNÁ LÁVKA

Obslužná lávka slouží ke snadnému přístupu k důležitým součástkám po celé délce pásového dopravníku. Umožňuje přístup pro rychlý servis a opravy tohoto zařízení. Obslužná lávka je připevněna k nosné konstrukci dopravníku. Může být jednostranná nebo oboustranná. Kvůli bezpečnosti bývá opatřena zábradlím dle normy ČSN 74 3305. Dále bývají schodišťové stupně opatřeny protiskluzovou nášlapnou hranou a černožlutým zvýrazněním. Volný vstup na lávku (např. u otočného pásu) bývá zabezpečen řetízem se zákazem vstupu a v případě šikmého pasového dopravníku se na podlahu (tvořenou např. pororošty) připevňují protiskluzové prvky (např. L profily dle obr. 30).



Obr. 30 Pohled na obslužnou lávku (s protiskluzovými prvky) šikmého pásového dopravníku firmy Strojírna Podzimek

3.3 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY PÁSOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

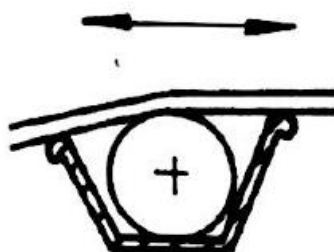
„Při konstrukci dopravníku je nutno pamatovat na opatření, která zaručují maximální bezpečnost osob obsluhující dopravník nebo osob, které jsou v jeho blízkosti“ (dle literatury [2], str. 254).

3.3.1 KRYTY ROTUJÍCÍCH ČÁSTÍ

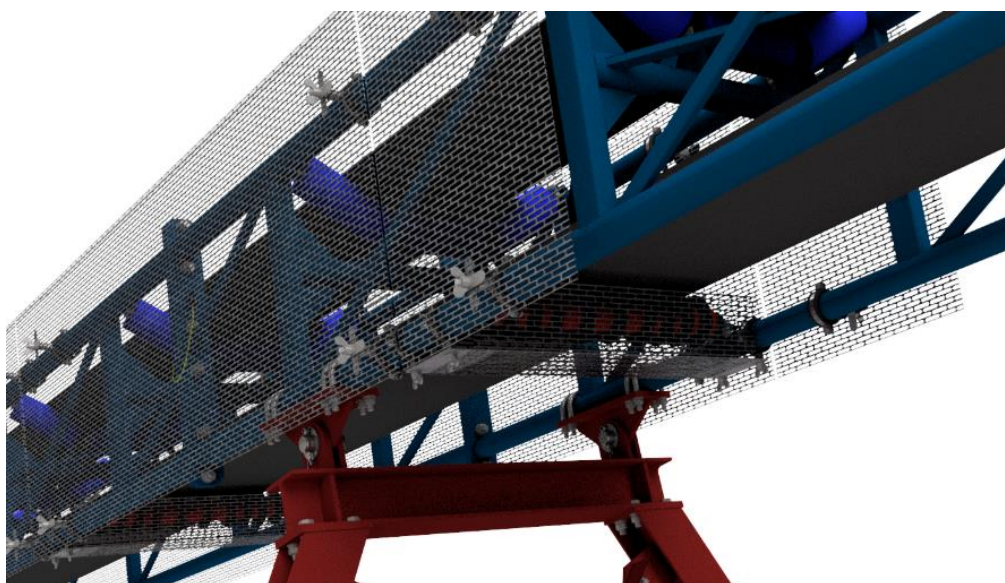
Ochranné kryty jsou velmi důležitou součástí každého stroje. V provozu pásového dopravníku je asi největší důraz kladen na zamezení kontaktu obsluhy s rotujícími a pohybujícími se částmi stroje, které mohou způsobit vážná zranění nebo i úmrtí člověka. Patří zde zejména sbíhavá místa, která se vyskytují mezi pásem a bubny nebo válečky.

ZAKRYTÍ PŘEVÁDČÍCH BUBNŮ A PŘEVÁDČÍCH VÁLEČKŮ

„Pokud nebezpečná sbíhavá místa u převáděcích bubnů a převáděcích válečků nejsou zakryta celkovým zakrytím, musí být chráněna jednotlivě“ (dle literatury [7], str. 9). Jednotlivé zakrytí válečků je znázorněno na obr. 31 a obr. 32.



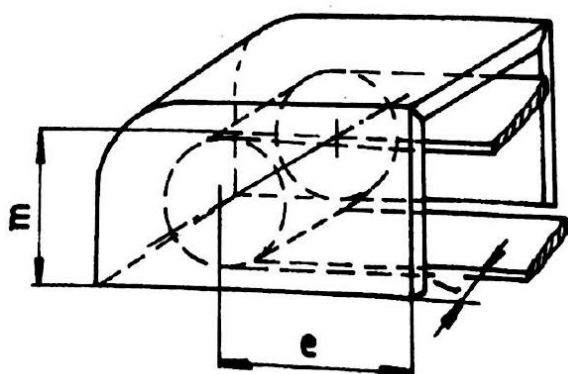
Obr. 31 Zakrytí převáděcích válečků dle literatury [7] str. 9



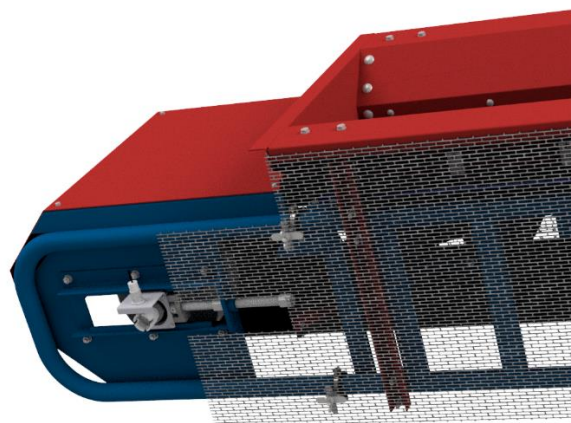
Obr. 32 Znáznornění ochranného krytu vratných válečků

UZAVŘENÉ OCHRANNÉ KRYTY

- dle literatury [7] str. 6 a obr. 33



Obr. 33 Vzdálenosti ochranných krytů dle literatury [7] str. 6

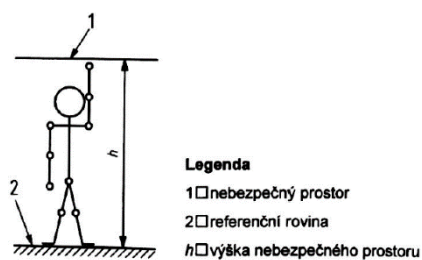


Obr. 34 Znáznornění uzavřeného ochranného krytu

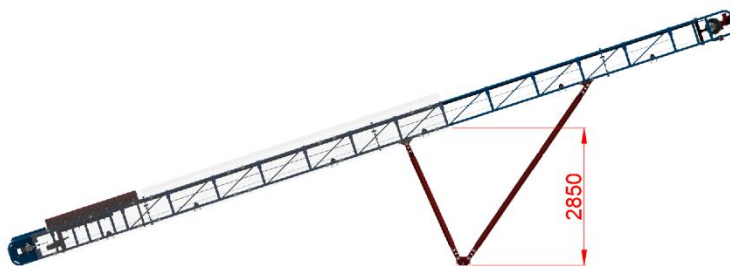
BEZPEČNÉ VZDÁLENOSTI K ZAMEZENÍ PŘÍSTUPU HORNÍMI KONČETINAMI – DOSAH SMĚREM VZHŮRU

„Jestliže z nebezpečného prostoru plyne malé riziko, pak výška k nebezpečnému prostoru musí být 2700 mm nebo více“ (dle literatury [8] str. 8.), což můžeme vidět také na obr. 35.

Navržená konstrukce dopravníku je zakrytována pomocí žebírkového pletiva do výšky 2850 mm dle obr. 36.



Obr. 35 Dosah směrem vzhůru dle literatury [8] str. 8.

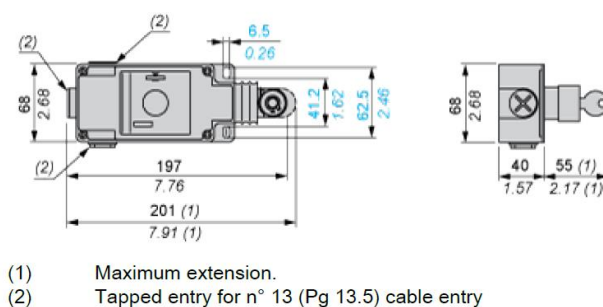


Obr. 36 Znáznornění krytování v nebezpečném prostoru

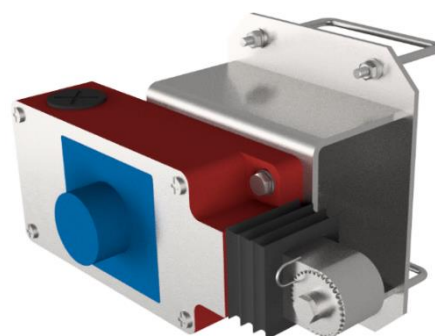
3.3.2 BEZPEČNOSTNÍ LANKOVÉ VYPÍNÁNÍ

Bezpečnostní lankové vypínání slouží k okamžitému (nouzovému) vypnutí stroje zatažením za ocelové lanko spojené s vypínačem. Umisťuje se oboustranně po celé délce pasového dopravníku, čímž je zabezpečeno nouzové vypnutí stroje z jakéhokoliv místa.

Pro navržený dopravník byl zvolen spínač nouzového zastavení ovládaný lankem typu XY2-CH13250 od firmy Schneider Electric dle [38]. Spínač je pomocí dvou šroubů připevněn k držáku a tento celek následně přichycen pomocí třmenů k napínacímu segmentu příhradové konstrukce (obr. 38 a obr. 39). Základní rozměry dle obr. 37.



Obr. 37 Základní rozměry spínače nouzového zastavení XY2-CH13250 [38]



Obr. 38 Spínač nouzového zastavení XY2-CH13250 s držákem



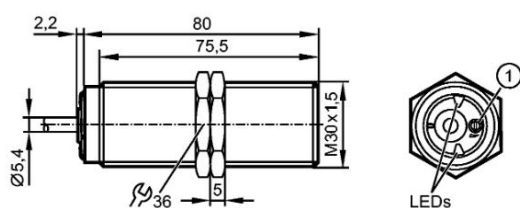
Obr. 39 Lankové vypínání na pásovém dopravníku firmy Strojírna Podzimek

3.4 TECHNOLOGICKÉ SNÍMAČE PASOVÝCH DOPRAVNÍKŮ

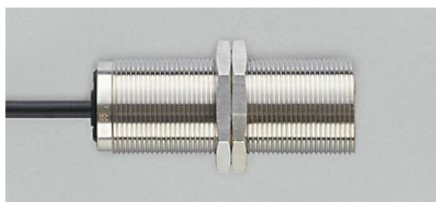
Senzor pro kontrolu pohybu

Senzor pro kontrolu pohybu, v tomto případě snímač otáček, slouží k detekci skluzu³ dopravního pásu na jednom z bubnů vlivem nedostatečného napnutí pásu.

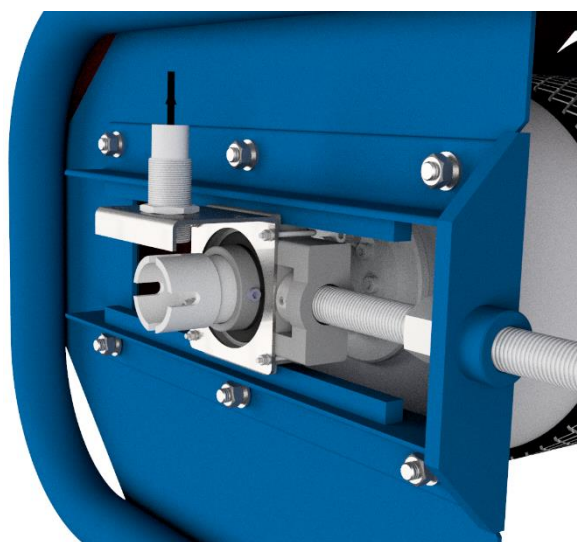
Pro navržený dopravník byl zvolen snímač otáček DI5020 od firmy IFM electronic, spol. s.r.o. dle [14]. Snímač je upevněn do plechového držáku a ten pomocí třmenů připevněn k napínacímu ložiskovému tělesu T210 hnaného bubnu (obr. 41). Rotace hnaného bubnu je na snímač přenášena pomocí ocelového adaptéru s výřezy (obr. 41), který je přišroubován k hřídeli hnaného bubnu. Základní rozměry snímače dle obr. 40.



1: Potenciometr



Obr. 40 Snímač otáček DI5020 [14]

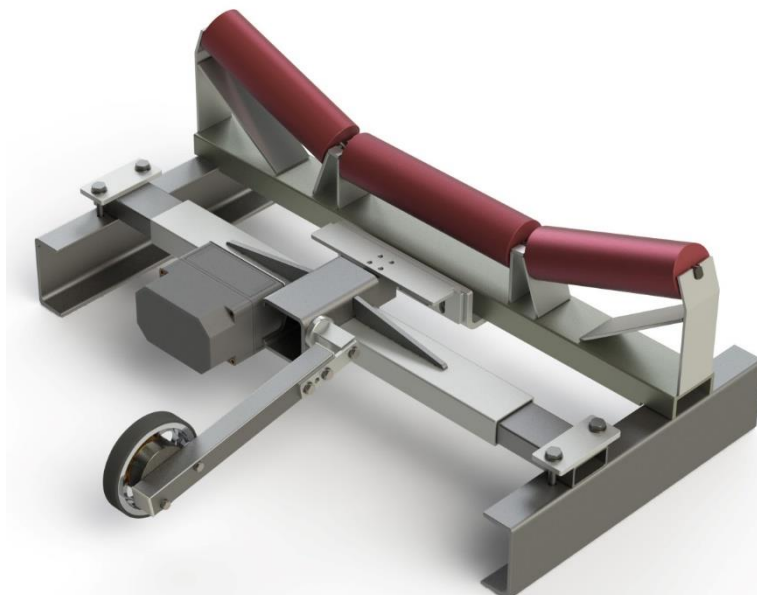


Obr. 41 Snímač otáček upevněný na napínacím ložiskovém domku T210

³ „Při skluzu je obvodová rychlost bubnu větší než rychlost pásu. Skluz je nepřipustný neboť způsobuje nadměrné opotřebení pásu, ztrátu energie třením a přehřátí pásu až k vznícení.“ dle literatury [2], str. 243

Pásová váha

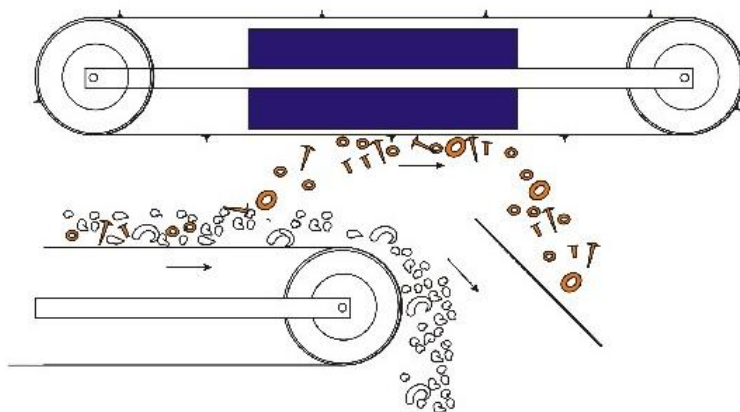
Pásová váha slouží k měření množství přepravovaného materiálu, které prošlo na dopravním pásu a tím zjištění okamžitého výkonu pásového dopravníku. Osazením tohoto zařízení například na konstrukci pásového podavače pod násypku lze řídit (dávkovat) požadované množství materiálu do technologie. [25]



Obr. 42 Pásová váha Wohwa SFB 22 [25]

Detekce a separace kovů

Pro detekci a odstranění nežádoucích kovových magnetických nečistot z přepravovaného materiálu slouží magnetické separátory. Odstraněním těchto nečistot jsou ochráněny další stroje, jako jsou například drtiče, třídiče, vibrační podavače, lisy, mlýny. Tato zařízení bývají umístěna nad pasový dopravník a nachytnané nečistoty vyhazují stranou pomocí pásu, který rotuje kolem magnetu. [21], [26]



Obr. 43 Umístění separátoru nad dopravník [21]



Obr. 44 Magnetický separátor IFE [26]

Snímače vybočení pásu

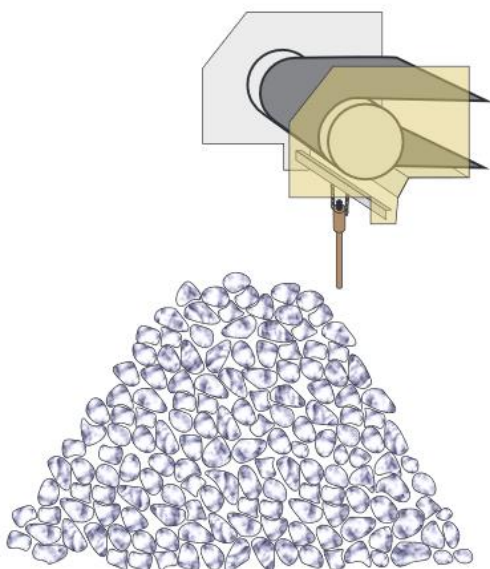
Snímače vybočení pásu jsou zařízení, která slouží k detekci vychýlení pásu z bubnů. Tímto se minimalizuje případné poškození nebo zničení pásu a nosné ocelové konstrukce vlivem jejich vzájemného odírání. V případě zjištění vychýlení přes stanovenou maximální hodnotu snímače, se pasový dopravník jednoduše zastaví. Tyto snímače se umísťují před výsypným místem a za násypným místem dopravníku a to na levou i pravou stranu. [36]



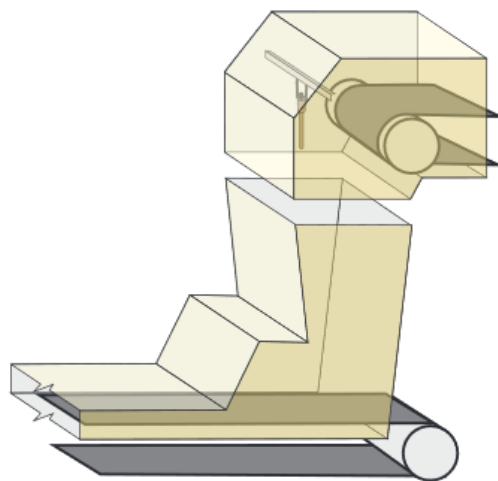
Obr. 45 Snímač vybočení dopravního pásu [36]

Snímače přesypu

Snímač přesypu slouží k detekci zahlcení pasových dopravníků a skluzů sypkým přepravovaným materiálem, k měření výšky hladiny materiálu (výšky haldy), popřípadě detekci závalu v přesypu mezi dopravníky. [37]



Obr. 46 Schéma snímače pro měření výšky hladiny materiálu [37]



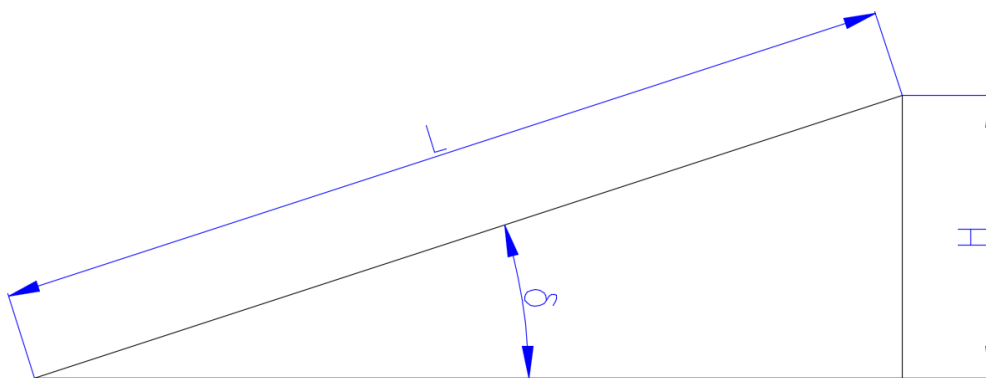
Obr. 47 Schéma snímače pro detekci závalu v přesypu mezi dopravníky [37]

4 FUNKČNÍ VÝPOČET PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

- základní parametry pásového dopravníku vypočteny dle literatury [9]

- zadané vstupní hodnoty
- dopravní výkon $Q = 70\,000 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$
- osová vzdálenost přesypů $L = 15 \text{ m}$
- sklon dopravníku $\delta = 18^\circ$
- dopravovaný materiál = frakce 0 - 4 mm

4.1 VÝPOČET VÝŠKOVÉHO ROZDÍLU



Obr. 48 Sklon pásového dopravníku

$$\sin \delta = \frac{H}{L}$$

$$H = L \cdot \sin 18^\circ$$

$$H = 15 \cdot \sin 18^\circ$$

$$H = 4,6 \text{ m}$$

(1)

Kde:

H	[m]	- výškový rozdíl
L	[m]	- osová vzdálenost přesypů → dle zadaných vstupních hodnot v kap. 4
δ	[°]	- sklon dopravníku → dle zadaných vstupních hodnot v kap. 4

4.2 VOLBA JMENOVITÉ RYCHLOSTI DOPRAVNÍHO PÁSU

- dle literatury [1] str. 148, tab. 8.3 se pro drobný neodírající materiál volí jmenovitá rychlost v rozmezí 1,6 až 3,2 m·s⁻¹

- dle zkušeností firmy Jakos volena dopravní rychlost $v = 1,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \rightarrow$ nižší odpory, pomalejší opotřebování součástí atd.

4.3 TEORETICKÝ PRŮŘEZ NÁPLNĚ DOPRAVOVANÉHO MATERIÁLU

- dle literatury [1] str. 151, tab. 8.5 je objemová sypná hmotnost pro suchý písek smíšený se štěrkem $\rho = 1300$ až $1600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ a sypný úhel $\alpha = 20^\circ$

- voleno $\rho = 1500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$$Q = S_T \cdot \rho \cdot v \cdot 3600 \rightarrow S_T$$

$$S_T = \frac{Q}{\rho \cdot v \cdot 3600} \quad (2)$$

$$S_T = \frac{70\,000}{1500 \cdot 1,3 \cdot 3600} = 0,0099 \text{ m}^2$$

Kde:

Q [kg·h⁻¹] - dopravní výkon \rightarrow dle zadaných vstupních hodnot v kap. 4

S_T [m²] - teoretický průřez náplně dopravovaného materiálu

ρ [kg·m⁻³] - objemová sypná hmotnost

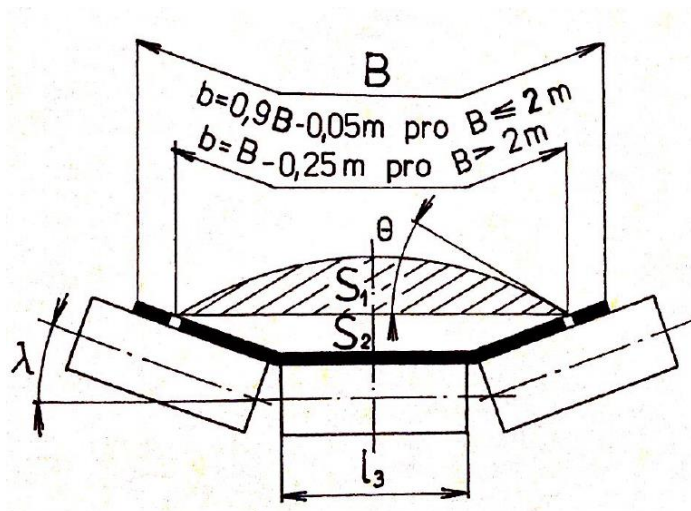
v [m·s⁻¹] - jmenovitá rychlost dopravníku \rightarrow voleno v kap. 4.2

4.4 VOLBA ŠÍŘKY DOPRAVNÍKOVÉHO PÁSU

- dle vypočteného teoretického průřezu náplně dopravovaného materiálu a s ohledem na nižší opotřebování nosných válečků vlivem rozložení tlaku, zvolena korýtková tříválečková stolice s šířkou dopravního pásu $B = 500 \text{ mm}$

- úhel sklonu bočních válečků zvolené válečkové stolice $\beta = 30^\circ$ dle literatury [3] str. 149, tab. 8.4

4.5 SKUTEČNÁ PLOCHA PRŮŘEZU NÁPLNĚ DOPRAVOVANÉHO MATERIÁLU



Obr. 49 Průřez náplně pásu u tříválečkové stolice dle [9], str. 15

$$S_S = S_1 + S_2$$

$$S_S = 0,0096 + 0,014 \quad (3)$$

$$S_S = 0,0236 \text{ m}^2$$

Kde:

S_S [m²] - skutečná plocha průřezu náplně dopravovaného materiálu

S_1 [m²] - plocha horní části (plocha vrchlíku) → dle rovnice (6)

S_2 [m²] - plocha dolní části (plocha korýtky) → dle rovnice (7)

4.5.1 DYNAMICKÝ SYPNÝ ÚHEL

$$\theta = 0,75 \cdot \alpha$$

$$\theta = 0,75 \cdot 30^\circ \quad (4)$$

$$\theta = 22,5^\circ$$

Kde:

θ [°] - dynamický sypný úhel

α [°] - sypný úhel pro suchý písek smíšený se štěrkem → dle literatury [3] str. 151, tab. 8.5

4.5.2 VYUŽITELNÁ LOŽNÁ ŠÍŘKA PÁSU

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05$$

$$b = 0,9 \cdot 0,5 - 0,05 \quad (5)$$

$$b = 0,4 \text{ m}$$

Kde:

b [m] - ložná šířka pásu (využitelná šířka pásu)

B [m] - šířka dopravníkového pásu dle kap. 4.4

4.6 PLOCHA HORNÍ ČÁSTI S_1 (PLOCHA VRCHLÍKU)

$$S_1 = [l_3 + (b - l_3) \cdot \cos \beta]^2 \cdot \frac{\tan \theta}{6}$$

$$S_1 = [0,2 + (0,4 - 0,2) \cdot \cos 30^\circ]^2 \cdot \frac{\tan 22,5^\circ}{6} \quad (6)$$

$$S_1 = 0,0096 \text{ m}^2$$

Kde:

l_3 [m] - délka středního válečku u tríválečkové stolice → dle zvoleného typu válečků v kap. 2.4.1, $l_3 = 200 \text{ mm}$

β [°] - úhel sklonu bočních válečků zvolené válečkové stolice dle kap. 4.4

4.7 PLOCHA DOLNÍ ČÁSTI S_2 (PLOCHA KORÝTKA)

$$S_2 = \left[l_3 + \frac{(b - l_3)}{2} \cdot \cos \beta \right] \cdot \left[\frac{(b - l_3)}{2} \cdot \sin \beta \right]$$

$$S_2 = \left[0,2 + \frac{(0,4 - 0,2)}{2} \cdot \cos 30^\circ \right] \cdot \left[\frac{(0,4 - 0,2)}{2} \cdot \sin 30^\circ \right] \quad (7)$$

$$S_2 = 0,014 \text{ m}^2$$

4.8 VÝPOČET SKUTEČNÉHO DOPRAVOVANÉHO MNOŽSTVÍ MATERIÁLU

$$Q_{skut} = 3600 \cdot S_s \cdot v \cdot k \cdot \rho$$

$$Q_{skut} = 3600 \cdot 0,0236 \cdot 1,3 \cdot 0,83 \cdot 1500 \quad (8)$$

$$Q_{skut} = 137508 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$

Kde:

Q_{skut} [kg·h⁻¹]- skutečné dopravované množství materiálu

k [-] - součinitel sklonu → dle rovnice (9)

4.8.1 SOUČINITEL SKLONU

$$k = 1 - \frac{S_1}{S_s} \cdot (1 - k_1)$$

$$k = 1 - \frac{0,0096}{0,0236} \cdot (1 - 0,59) \quad (9)$$

$$k = 0,83$$

Kde:

k_1 [-] - součinitel korekce vrchlíku náplně pásu → dle rovnice (10)

4.8.2 SOUČINITEL KOREKCE VRCHLÍKU NÁPLNĚ PÁSU

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos^2 \delta - \cos^2 \theta}{1 - \cos^2 \theta}}$$

$$k_1 = \sqrt{\frac{\cos^2 18^\circ - \cos^2 22,5^\circ}{1 - \cos^2 22,5^\circ}} \quad (10)$$

$$k_1 = 0,59$$

4.9 NEJVĚTŠÍ DOPRAVNÍ VÝKON PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

$$I_v = S_s \cdot v \cdot k$$

$$I_v = 0,0236 \cdot 1,3 \cdot 0,83 \quad (11)$$

$$I_v = 0,0255 \, \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde:

I_v $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$ - největší dopravní výkon pásového dopravníku

4.10 KONTROLA PŘEPRAVOVANÉHO MNOŽSTVÍ MATERIÁLU

- pro zajištění přepravy garantovaného množství materiálu je nutno držet tuto podmínku:

$$Q_{skut} \geq Q$$

$$137\,508 \, \text{kg} \cdot \text{h}^{-1} \geq 70\,000 \, \text{kg} \cdot \text{h}^{-1} \rightarrow \text{převážené množství VYHOVUJE} \quad (12)$$

4.11 OBVODOVÁ SÍLA POTŘEBNÁ NA POHÁNĚCÍM BUBNU

$$F_U = F_H + F_N + F_{S1} + F_{S2} + F_{St}$$

$$F_U = 129,4 + 121,13 + 19,2 + 387,9 + 1326,7 \quad (13)$$

$$F_U = 1984,3 \, \text{N}$$

Kde:

F_U	[N]	- potřebná obvodová síla na poháněcím bubnu
F_H	[N]	- hlavní odpory \rightarrow rovnice (14)
F_N	[N]	- vedlejší odpory \rightarrow rovnice (19)
F_{S1}	[N]	- přídavné hlavní odpory \rightarrow rovnice (27)
F_{S2}	[N]	- přídavné vedlejší odpory \rightarrow rovnice (29)
F_{St}	[N]	- odpor k překonání dopravní výšky \rightarrow rovnice (35)

4.11.1 VÝPOČET HLAVNÍCH ODPORŮ F_H

$$F_H = f \cdot L \cdot g \cdot [q_{RO} + q_{RU} + (2 \cdot q_B + q_G) \cdot \cos \delta]$$

$$F_H = 0,02 \cdot 15 \cdot 9,81 \cdot [5,88 + 2,04 + (2 \cdot 3,33 + 29,4) \cdot 1] \quad (14)$$

$$F_H = 129,4 \text{ N}$$

Kde:

f	[-]	- globální součinitel tření \rightarrow dle literatury [9] str. 8
g	[m·s ⁻²]	- tíhové zrychlení
q_{RO}	[kg·m ⁻¹]	- hmotnost rotujících částí válečků na 1 metr horní větve dopravníku \rightarrow dle rovnice (15)
q_{RU}	[kg·m ⁻¹]	- hmotnost rotujících částí válečků na 1 metr dolní větve dopravníku \rightarrow dle rovnice (16)
q_B	[kg·m ⁻¹]	- hmotnost 1 metru dopravního pásu \rightarrow dle rovnice (17)
q_G	[kg·m ⁻¹]	- hmotnost nákladu na 1 metr délky pásu \rightarrow dle rovnice (18)

HMOTNOST ROTUJÍCÍCH ČÁSTÍ VÁLEČKŮ NA 1 METR HORNÍ VĚTVI DOPRAVNÍKU

$$q_{RO} = \frac{3 \cdot q_1 \cdot n_1}{L}$$
$$q_{RO} = \frac{3 \cdot 2,1 \cdot 14}{15} \quad (15)$$
$$q_{RO} = 5,88 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kde:

q_1 [kg] - hmotnost rotujících částí jednoho válečku v horní větvi → dle zvoleného typu válečků v kap. 2.4.1

n_1 [-] - počet válečkových stolic v horní větvi → dle konstrukce $n_1 = 14$

HMOTNOST ROTUJÍCÍCH ČÁSTÍ VÁLEČKŮ NA 1 METR DOLNÍ VĚTVI DOPRAVNÍKU

$$q_{RU} = \frac{1 \cdot q_2 \cdot n_2}{L}$$
$$q_{RU} = \frac{1 \cdot 5,1 \cdot 6}{15} \quad (16)$$
$$q_{RU} = 2,04 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kde:

q_2 [kg] - hmotnost rotujících částí jednoho válečku v dolní větvi → dle zvoleného typu válečků v kap. 2.4.2

n_2 [-] - počet válečkových stolic v dolní větvi → dle konstrukce $n_2 = 6$

HMOTNOST 1 METRU DOPRAVNÍHO PÁSU

$$q_B = B \cdot m_p$$
$$q_B = 0,5 \cdot 6,66 \quad (17)$$
$$q_B = 3,33 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kde:

m_p [kg] - hmotnost 1m dopravního pásu → dle zvoleného typu pásu v kap. 2.7

HMOTNOST NÁKLADU NA 1 METR DÉLKY PÁSU

$$q_G = \frac{I_v \cdot \rho}{v}$$

$$q_G = \frac{0,0255 \cdot 1500}{1,3} \quad (18)$$

$$q_G = 29,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$$

4.11.2 VÝPOČET VEDLEJŠÍCH ODPORŮ F_N

$$F_N = F_{bA} + F_f + F_t + F_l + F_{dl}$$

$$F_N = 49,7 + 15,5 + 3,1 + 27,8 + 25,03 \quad (19)$$

$$F_N = 121,13 \text{ N}$$

Kde:

F_N [N] - vedlejší odpory

F_{bA} [N] - odpory setrvačných sil v místě nakládání a v oblasti nakládání → dle rovnice (20)

F_f [N] - odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením v oblasti urychlování → dle rovnice (21)

F_l [N] - odpor ohybu pásu na bubnech → dle rovnice (24)

F_t [N] - odpor v ložiskách bubnu (hnaného) → dle rovnice (25)

F_{dl} [N] - odpor tření pásu na dopadových lištách → dle rovnice (26)

ODPORY SETRVAČNÝCH SIL V MÍSTĚ NAKLÁDÁNÍ A V OBLASTI NAKLÁDÁNÍ

$$F_{bA} = I_v \cdot \rho \cdot (v - v_0)$$

$$F_{bA} = 0,0255 \cdot 1500 \cdot (1,3 - 0) \quad (20)$$

$$F_{bA} = 49,7 \text{ N}$$

Kde:

v_0 [m·s⁻¹] - složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu

ODPOR TŘENÍ MEZI DOPRAVOVANOU HMOTOU A BOČNÍM VEDENÍM V OBLASTI URYCHLOVÁNÍ

$$F_f = \frac{\mu_2 \cdot l_v^2 \cdot \rho \cdot g \cdot l_{b,min}}{\left(\frac{v + v_0}{2}\right)^2 \cdot b_1^2}$$

$$F_f = \frac{0,6 \cdot 0,0255 \cdot 1500 \cdot 9,81 \cdot 0,14}{\left(\frac{1,3 + 0}{2}\right)^2 \cdot 0,35^2} \quad (21)$$

$$F_f = 15,5 \text{ N}$$

Kde:

μ_2 [-] - součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočnicemi → voleno dle literatury [9] str. 12, tab. 2

$l_{b,min}$ [m] - urychlovací délka → dle rovnice (22)

b_1 [m] - světlá šířka bočního vedení → dle rovnice (23)

VÝPOČET URYCHLOVACÍ DÉLKY

$$l_{b,min} = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu_1}$$

$$l_{b,min} = \frac{1,3^2 - 0^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6} \quad (22)$$

$$l_{b,min} = 0,14 \text{ m}$$

Kde:

μ_1 [-] - součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a pásem → voleno dle literatury [9] str. 12, tab. 2

VÝPOČET SVĚTLÉ ŠÍŘKY BOČNÍHO VEDENÍ

$$b_1 = b \cdot \cos \beta$$

$$b_1 = 0,4 \cdot \cos 30^\circ \quad (23)$$

$$b_1 = 0,35 \text{ m}$$

ODPOR OHYBU PÁSU NA BUBNECH

- dle literatury [9] str. 12, tab. 2 a dle zvoleného typu pásu v kap. 2.7 (pás s textilními vložkami) platí pro výpočet odporu v ložiskách hnaného bubnu následující vztah

$$F_l = 9 \cdot B \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{F}{B} \right) \cdot \frac{d}{D}$$
$$F_l = 9 \cdot 0,5 \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{4000}{0,5} \right) \cdot \frac{0,0091}{0,32} \quad (24)$$

$$F_l = 27,8 \text{ N}$$

Kde:

F	[N]	- průměrný tah v pásu na bubnu → hodnota předběžně volena
d	[m]	- tloušťka pásu → dle zvoleného typu pásu v kap. 2.7
D	[m]	- průměr bubnu (hnaného) → dle konstrukce D = 320 mm

ODPOR V LOŽISKÁCH BUBNU (HMANÉHO)

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{d_0}{D} \cdot F$$
$$F_t = 0,005 \cdot \frac{0,05}{0,32} \cdot 4000 \quad (25)$$
$$F_t = 3,1 \text{ N}$$

Kde:

d ₀	[N]	- průměr hřídele v ložisku → dle konstrukce d ₀ = 50 mm
----------------	-----	--

ODPOR TŘENÍ PÁSU NA DOPADOVÝCH LIŠTÁCH

$$F_{dl} = q_G \cdot c_{dl} \cdot l_{dl} \cdot g$$

$$F_{dl} = 29,4 \cdot 0,07 \cdot 1,24 \cdot 9,81 \quad (26)$$

$$F_{dl} = 25,03 \text{ N}$$

Kde:

c_{dl} [-] - součinitel tření $\rightarrow c_{dl} = 0,07$ dle kap. 2.6

l_{dl} [m] - délka dopadové lišty $\rightarrow l_{dl} = 1240$ mm dle kap. 2.6

4.11.3 VÝPOČET PŘÍDAVNÝCH HLAVNÍCH ODPORŮ F_{S1}

$$F_{S1} = F_{\varepsilon} = 19,2 \text{ N} \quad (27)$$

Kde:

F_{S1} [N] - přídatné hlavní odpory

F_{ε} [N] - odpor vychýlených bočních válečků \rightarrow dle rovnice (28)

ODPOR VYCHÝLENÝCH BOČNÍCH VÁLEČKŮ

- pro válečkové stolice se třemi válečky stejné délky platí dle literatury [9] str. 13, tab. 3 následující vztah

$$F_{\varepsilon} = C_{\varepsilon} \cdot \mu_0 \cdot L_{\varepsilon} \cdot (q_B + q_G) \cdot g \cdot \cos \delta \cdot \sin \varepsilon$$

$$F_{\varepsilon} = 0,4 \cdot 0,3 \cdot 15 \cdot (3,33 + 29,4) \cdot 9,81 \cdot \cos 18^\circ \cdot \sin 2^\circ \quad (28)$$

$$F_{\varepsilon} = 19,2 \text{ N}$$

Kde:

C_{ε} [-] - součinitel korýtkovosti \rightarrow dle literatury [9] str. 13, tab. 3

μ_0 [-] - součinitel tření mezi nosnými válečky a pásem \rightarrow voleno dle literatury [9] str. 13, tab. 3

L_{ε} [m] - délka dopravníku s vychýlenými válečky

ε [°] - úhel vychýlení osy válečku vzhledem k rovině kolmé k podélné ose pásu \rightarrow dle konstrukce $\varepsilon = 2^\circ$

4.11.4 VÝPOČET PŘIDAVNÝCH VEDLEJŠÍCH ODPORŮ F_{S2}

$$F_{S2} = F_{gL} + F_r + F_a$$

$$F_{S2} = 55,5 + 332,4_r + 0 \quad (29)$$

$$F_{S2} = 387,9 \text{ N}$$

Kde:

F_{S2} [N] - přídavné vedlejší odpory

F_{gL} [N] - odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením

F_r [N] - odpor čističů pásu

F_a [N] - odpor shrnovače materiálu \rightarrow u navrhovaného dopravníku není shrnovač použitý

ODPOR TŘENÍ MEZI DOPRAVOVANOU HMOTOU A BOČNÍM VEDENÍM

$$F_{gL} = \frac{\mu_2 \cdot l_v^2 \cdot \rho \cdot g \cdot l}{v^2 \cdot b_1^2}$$

$$F_{gL} = \frac{0,6 \cdot 0,0255^2 \cdot 1500 \cdot 9,81 \cdot 2}{1,3^2 \cdot 0,35^2} \quad (30)$$

$$F_{gL} = 55,5 \text{ N}$$

Kde:

l [m] - délka bočního vedení \rightarrow dle konstrukce $l = 2 \text{ m}$

ODPOR ČISTIČŮ PÁSU

$$F_r = F_{r1} + F_{r2}$$

$$F_r = 300 + 32,4 \quad (31)$$

$$F_r = 332,4 \text{ N}$$

Kde:

F_{r1} [N] - odpor vnějšího (čelního) čističe → dle rovnice (32)

F_{r2} [N] - odpor vnitřního (šípového) čističe → dle rovnice (34)

ODPOR VNĚJŠÍHO (ČELNÍHO) ČISTIČE

$$F_{r1} = A \cdot p \cdot \mu_3$$

$$F_{r1} = 0,01 \cdot 5 \cdot 10^4 \cdot 0,6 \quad (32)$$

$$F_{r1} = 300 \text{ N}$$

Kde:

A [m²] - dotyková plocha mezi pásem a čističem pásu → dle rovnice (33)

p [N·m⁻²] - tlak mezi čističem pásu a pásem → voleno dle literatury [9] str. 13, tab. 3

μ_3 [m] - součinitel tření mezi pásem a čističem pásu → voleno dle literatury [9] str. 13, tab. 3

DOTYKOVÁ PLOCHA MEZI PÁSEM A ČISTIČEM PÁSU

$$A = B_{\xi} \cdot t_{\xi}$$

$$A = 0,5 \cdot 0,02 \quad (33)$$

$$A = 0,01 \text{ m}^2$$

Kde:

B_{ξ} [m] - šířka vnějšího čističe pásu → dle zvoleného typu čističe v kap. 2.9

t_{ξ} [m] - tloušťka vnějšího čističe pásu → dle zvoleného typu čističe v kap. 2.9

**ODPOR VNITŘNÍHO (ŠÍPOVÉHO) ČISTIČE**

$$F_{r2} = m_{vč} \cdot g \cdot \mu_3$$

$$F_{r2} = 5,5 \cdot 9,81 \cdot 0,6 \quad (34)$$

$$F_{r2} = 32,4 \text{ N}$$

Kde:

$m_{vč}$ [m] - hmotnost vnitřního (šípového) čističe → dle konstrukce $m_{vč} = 5,5 \text{ kg}$

4.11.5 VÝPOČET ODPORU PRO PŘEKONÁNÍ DOPRAVNÍ VÝŠKY

$$F_{St} = q_G \cdot H \cdot g$$

$$F_{St} = 29,4 \cdot 4,6 \cdot 9,81 \quad (35)$$

$$F_{St} = 1326,7 \text{ N}$$

4.12 POTŘEBNÝ PROVOZNÍ VÝKON POHONU PÁSOVÉHO DOPRAVNÍKU

$$P_A = F_U \cdot v$$

$$P_A = 1984,3 \cdot 1,3 \quad (36)$$

$$P_A = 2580 \text{ W}$$

Kde:

P_A [W] - provozní výkon na poháněcím bubnu

4.13 POTŘEBNÝ PROVOZNÍ VÝKON POHÁNĚCÍHO MOTORU

- pro pásové dopravníky s kladným výkonem pohonu (hnané) platí dle literatury [9] str. 9 následující vztah

$$P_M = \frac{P_A}{\eta_1}$$

$$P_M = \frac{2580}{0,9} \quad (37)$$

$$P_M = 2867 \text{ W}$$

Kde:

P_M [W] - potřebný provozní výkon poháněcího motoru
 η_1 [%] - účinnost motoru → voleno dle literatury [9] str. 9

4.13.1 VÝPOČET OTÁČEK

$$n_p = \frac{v \cdot 60}{\pi \cdot D_p}$$

$$n_p = \frac{1,3 \cdot 60}{\pi \cdot 0,32} \quad (38)$$

$$n_p = 77 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$$

Kde:

n_p [ot·min⁻¹] - otáčky pohonu
 D_p [m] - průměr poháněcího bubnu → dle konstrukce $D_p = 320 \text{ mm}$

4.13.2 VÝPOČET KROUTICÍHO MOMENTU

$$M_k = \frac{P_M \cdot 60}{\pi \cdot 2 \cdot n}$$

$$M_k = \frac{2867 \cdot 60}{\pi \cdot 2 \cdot 77} \quad (39)$$

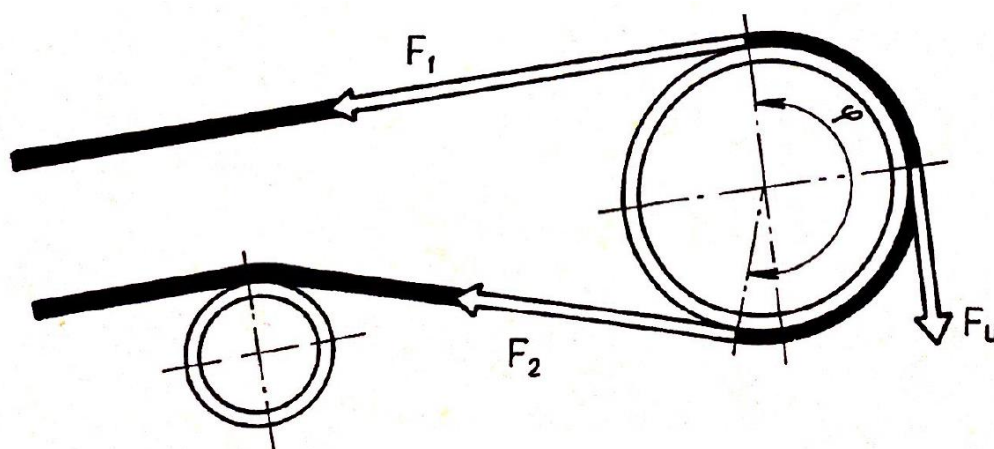
$$M_k = 356 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Kde:

M_k [N·m] - krouticí moment pohonu

- dle vypočteného potřebného provozního výkonu poháněcího motoru, otáček a krouticího momentu byl v kap. 2.8 zvolen elektromotor s kuželočelní převodovkou firmy Nord o výkonu 3,0kW s typovým označením SK9032.1 AZD - 100 AH/4 EI2

4.14 SÍLY V PÁSU



Obr. 50 Průběh sil v pásu dle [9], str. 14

4.14.1 PŘENOS OBVODOVÉ SÍLY NA POHÁNĚCÍM BUBNU

$$F_{2,min} \geq F_{U,max} \cdot \frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1}$$

$$F_{2,min} \geq 3175 \cdot \frac{1}{e^{0,35 \cdot \pi} - 1} \quad (40)$$

$$F_{2,min} \geq 1585 \text{ N}$$

Kde:

$F_{2,min}$ [N] - nejmenší tažná síla ve sbíhající větvi

$F_{U,max}$ [N] - maximální obvodová hnací síla → dle rovnice (41)

μ [-] - součinitel tření mezi poháněcím bubnem a pásem → voleno dle literatury [9] str. 13, tab. 4

φ [rad] - úhel opásání poháněcího bubnu \rightarrow dle konstrukce $\varphi = 180^\circ$

4.14.2 MAXIMÁLNÍ OBVODOVÁ HNACÍ SÍLA

$$F_{U,max} = F_U \cdot \xi$$

$$F_{U,max} = 1984,3 \cdot 1,6 \quad (41)$$

$$F_{U,max} = 3175 \text{ N}$$

Kde:

ξ [-] - součinitel rozběhu \rightarrow voleno dle literatury [9] str. 10

4.14.3 NEJMENŠÍ TAHOVÁ SÍLA PRO HORNÍ (NOSNOU) VĚTEV S OHLEDEM NA PRŮVĚS

$$F_{h,min} \geq \frac{a_0 \cdot (q_B + q_G) \cdot g}{8 \cdot (h/a)_{adm}}$$

$$F_{h,min} \geq \frac{1 \cdot (3,33 + 29,4) \cdot 9,81}{8 \cdot 0,02} \quad (42)$$

$$F_{h,min} \geq 2007 \text{ N}$$

Kde:

$F_{h,min}$ [N] - nejmenší tahová síla pro horní větev s ohledem na průvřes pásu mezi stolicemi

a_0 [m] - rozteč horních válečkových stolic \rightarrow dle konstrukce $a_0 = 1 \text{ m}$

$(h/a)_{adm}$ [-] - dovolený relativní průvřes pásu mezi válečkovými stolicemi \rightarrow voleno dle literatury [9] str. 10

4.14.4 NEJMENŠÍ TAHOVÁ SÍLA PRO DOLNÍ (VRATNOU) VĚTEV S OHLEDEM NA PRŮVĚS

$$F_{d,min} \geq \frac{a_u \cdot q_B \cdot g}{8 \cdot (h/a)_{adm}}$$

$$F_{d,min} \geq \frac{3 \cdot 3,33 \cdot 9,81}{8 \cdot 0,02} \quad (43)$$

$$F_{d,min} \geq 613 \text{ N}$$

Kde:

$F_{d,min}$ [N] - nejmenší tahová síla pro dolní větev s ohledem na průvřes pásu mezi stolicemi

a_u [m] - rozteč dolních válečkových stolic \rightarrow dle konstrukce $a_u = 3$ m

4.14.5 NEJVĚTŠÍ TAHOVÁ SÍLA V PÁSU

$$F_{max} \approx F_1 \approx F_U \cdot \xi \cdot \left(\frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1} + 1 \right)$$

$$F_{max} \approx F_1 \approx 1984,3 \cdot 1,6 \cdot \left(\frac{1}{e^{0,35 \cdot \pi} - 1} + 1 \right) \quad (44)$$

$$F_{max} \approx 4760 \text{ N}$$

Kde:

F_{max} [N] - největší tahová síla v pásu

F_1 [N] - tahová síla v horní (nosné) větvi

4.14.6 TAHOVÁ SÍLA V HORNÍ (NOSNÉ) VĚTVI

$$F_1 \approx F_{max} \approx 4760 \text{ N} \quad (45)$$

4.14.7 TAHOVÁ SÍLA V DOLNÍ (VRATNÉ) VĚTVI

$$F_2 = \frac{F_1}{e^{\mu \cdot \varphi}}$$

$$F_2 = \frac{4760}{e^{0,35 \cdot \pi}} \quad (46)$$

$$F_2 = 1585 \text{ N}$$

Kde:

F_2 [N] - tahová síla v dolní (vratné) větvi

4.15 CELKOVÁ SÍLA PŮSOBÍCÍ NA BUBEN

$$F_c = F_1 + F_2$$

$$F_c = 4760 + 1585 \quad (47)$$

$$F_c = 6345 \text{ N}$$

Kde:

F_c [N] - celková síla působící na buben

4.16 PEVNOSTNÍ KONTROLA PÁSU

- je nutno dodržet následující podmínku:

$$R_{mp} \cdot B \geq F_{max}$$

$$400 \cdot 500 \geq 4760 \text{ N} \quad (48)$$

$$200000 \text{ N} \geq 4760 \text{ N}$$

Kde:

R_{mp} [Mpa] - dovolené namáhání pásu v tahu \rightarrow dle zvoleného typu pásu v kap. 2.7

4.17 VELIKOST NAPÍNACÍ SÍLY

- vztah pro výpočet napínací síly dle literatury [3] str. 155

$$F_{nap} = 2 \cdot (F_2 - q_B \cdot H \cdot g)$$

$$F_{nap} = 2 \cdot (1585 - 3,33 \cdot 4,6 \cdot 9,81) \quad (49)$$

$$F_{nap} = 2869 \text{ N}$$

Kde:

F_{nap} [N] - napínací síla

5 PEVNOSTNÍ VÝPOČET

Byl proveden pevnostní výpočet pláště a hřídele hnaného bubnu.

5.1 PEVNOSTNÍ VÝPOČET PLÁŠTĚ HNANÉHO BUBNU

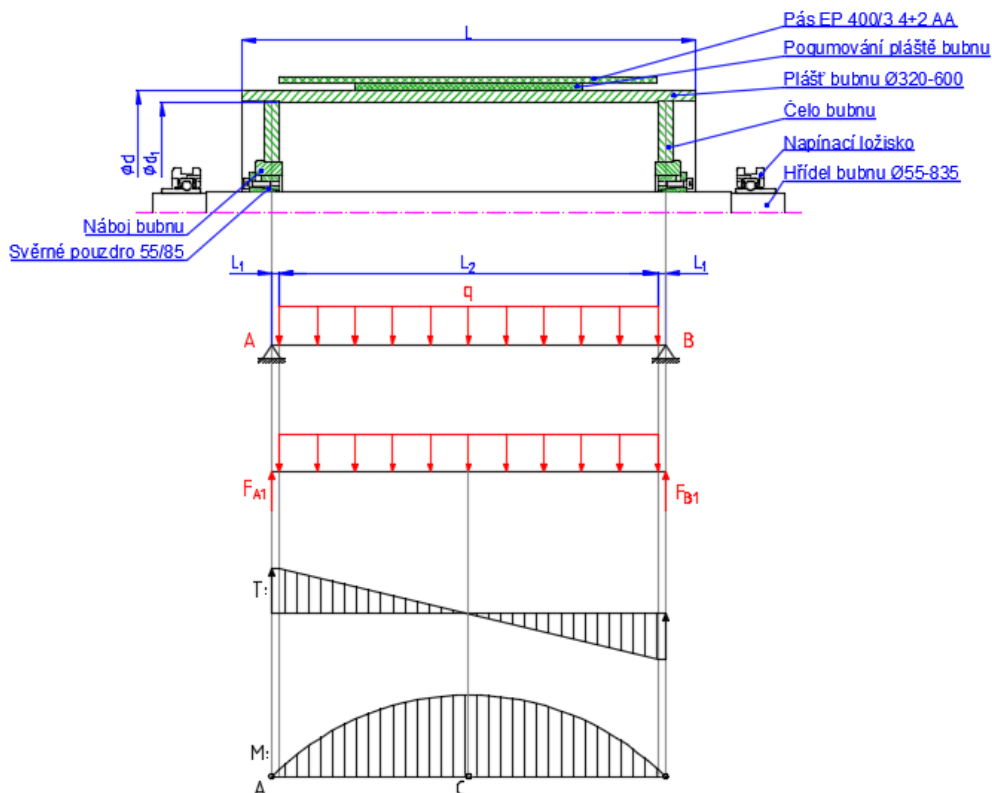
5.1.1 VOLBA MATERIÁLU PLÁŠTĚ

- plášť hnaného bubnu je zatěžován míjivým ohybem
- je vyroben z konstrukční oceli 1.0040 (ČSN 11423.0)
- dle literatury [5] str. 54 je dovolené napětí v ohybu pro míjivý ohyb $\sigma_{01dov} = (80 - 125) \text{ MPa}$
 \rightarrow voleno $\sigma_{01dov} = 80 \text{ Mpa}$

5.1.2 ROZMĚRY HNANÉHO BUBNU

$\varnothing d = 320 \text{ mm}$, $\varnothing d_1 = 308 \text{ mm}$, $L = 600 \text{ mm}$, $L_1 = 4 \text{ mm}$, $L_2 = 500 \text{ mm}$

5.1.3 PRŮBĚH VVÚ



Obr. 51 Průběh VVÚ na plášti hnaného bubnu



5.1.4 VÝPOČET ZATÍŽENÍ

- na plášť bubnu působí liniové zatížení, které je rovno šířce dopravníkového pásu dle obr. 51

$$q = \frac{F_c}{L_2}$$

$$q = \frac{6345}{0,5} \quad (50)$$

$$q = 12690 \, \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

Kde:

q [N·m⁻¹] - liniové zatížení působící na plášť bubnu

5.1.5 VÝPOČET SILOVÝCH REAKCÍ

- silová podmínka:

$$T: \Sigma T = 0$$

$$F_{A1} + F_{B1} - q \cdot L_2 = 0$$

$$F_{A1} = q \cdot L_2 - F_{B1} \quad (51)$$

$$F_{A1} = 12690 \cdot 0,5 - 3172,5$$

$$F_{A1} = 3172,5 \, \text{N}$$

- momentová podmínka k bodu A:

$$M: \Sigma M_{OA} = 0$$

$$F_{B1} \cdot (2 \cdot L_1 + L_2) - q \cdot L_2 \cdot \left(\frac{L_2}{2} + L_1 \right) = 0$$

$$F_{B1} = \frac{q \cdot L_2 \cdot \left(\frac{L_2}{2} + L_1 \right)}{(2 \cdot L_1 + L_2)} \quad (52)$$

$$F_{B1} = \frac{12690 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{0,5}{2} + 0,004 \right)}{(2 \cdot 0,004 + 0,5)}$$

$$F_{B1} = 3172,5 \, \text{N}$$

Kde:

F_{A1} [N] - reakční síla působící na plášť v bodě A

F_{B1} [N] - reakční síla působící na plášť v bodě B → dle rovnice (52)

5.1.6 MAXIMÁLNÍ OHYBOVÉ NAPĚTÍ NA HNANÉM BUBNU (BOD C)

$$\sigma_{omaxC} = \frac{M_{omaxC}}{W_{OC}}$$

$$\sigma_{omaxC} = \frac{393}{4,56 \cdot 10^{-4}} \quad (53)$$

$$\sigma_{omaxC} = 0,86 \text{ MPa}$$

Kde:

σ_{OmaxC} [MPa] - maximální ohybové napětí na plášti hnacího bubnu v bodě C

M_{OmaxC} [N·m⁻¹] - maximální ohybový moment na plášti hnacího bubnu v bodě C → dle rovnice (54)

W_{OC} [m³] - modul průřezu v ohybu v bodě C → dle rovnice (55)

VÝPOČET VELIKOSTI MAXIMÁLNÍHO OHYBOVÉHO MOMENTU

- z obr. 51 v kap. 5.1.3 je patrné, že maximální ohybový moment je v místě C

$$M_{omaxC} = F_{A1} \cdot \left(L_1 \cdot \frac{L_2}{2} \right) - q \cdot \frac{L_2}{2} \cdot \frac{L_2}{4}$$

$$M_{omaxC} = 3172,5 \cdot \left(0,004 \cdot \frac{0,5}{2} \right) - 12690 \cdot \frac{0,5}{2} \cdot \frac{0,5}{4} \quad (54)$$

$$M_{omaxC} = 393 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

MODUL PRŮŘEZU V OHYBU (BOD C)

$$W_{OC} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(d^4 - d_1^4)}{d}$$

$$W_{OC} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(0,32^4 - 0,308^4)}{0,32} \quad (55)$$

$$W_{OC} = 4,56 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

5.1.7 VÝPOČET BEZPEČNOSTI VZHLEDEM K MEZNÍMU STAVU PRUŽNOSTI (BOD C)

$$k_C = \frac{\sigma_{O1dov}}{\sigma_{OmaxC}}$$

$$k_C = \frac{80}{0,86} \quad (56)$$

$$k_C = 93,0$$

- z rovnice (56) vyplývá, že plášť hnacího bubnu je dostatečně dimenzován

Kde:

k_C [-] - bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti v bodě C

σ_{O1dov} [MPa] - dovolené napětí v ohybu pro střídavý ohyb

5.2 PEVNOSTNÍ VÝPOČET HŘÍDELE HNANÉHO BUBNU**5.2.1 VOLBA MATERIÁLU HŘÍDELE**

- hřídel hnaného bubnu je zatěžován míjivým ohybem

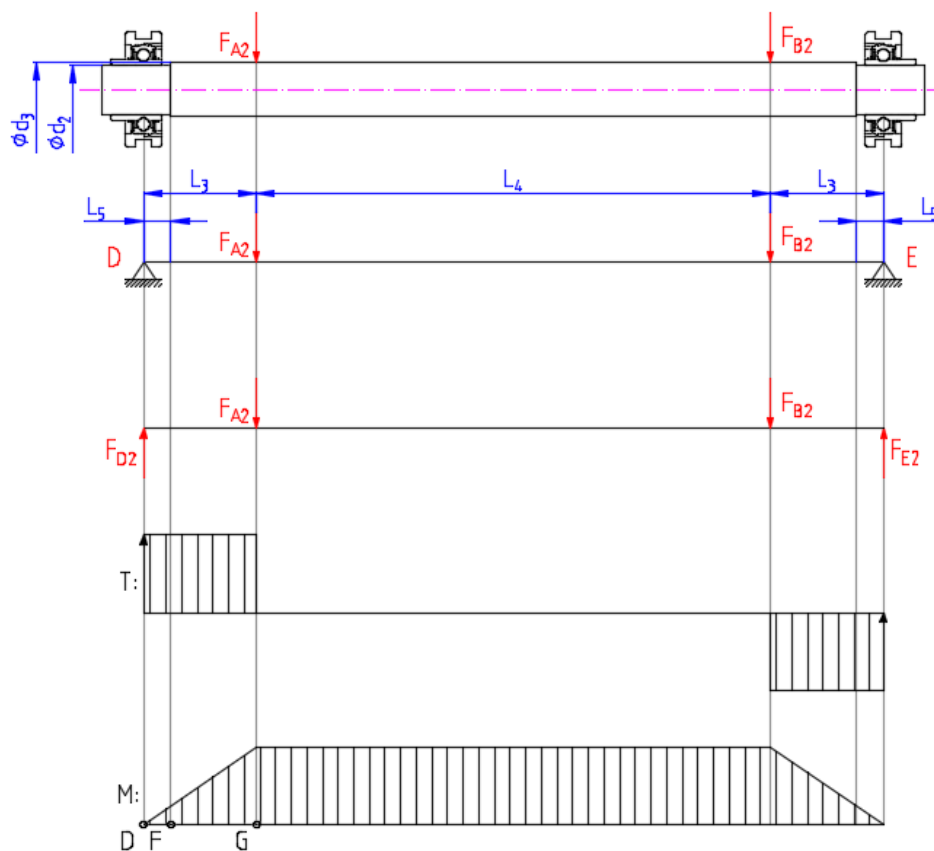
- je vyroben z konstrukční oceli ČSN 11500.0

- dle literatury [5] str. 54 je dovolené napětí v ohybu pro míjivý ohyb $\sigma_{O2dov} = (100 - 150)$ MPa \rightarrow voleno $\sigma_{O2dov} = 100$ MPa

5.2.2 ROZMĚRY HŘÍDELE

$$\varnothing d_2 = 50 \text{ mm}, \varnothing d_3 = 55 \text{ mm}, L_3 = 124 \text{ mm}, L_4 = 508 \text{ mm}, L_5 = 28 \text{ mm}$$

5.2.3 PRŮBĚH VVÚ



Obr. 52 Průběh VVÚ na hřídeli hnaného bubnu

5.2.4 VÝPOČET SILOVÝCH REAKCÍ NA HŘÍDELI

$$F_{A2} = F_{A1} = 3172,5 \text{ N} \quad (57)$$

$$F_{B2} = F_{B1} = 3172,5 \text{ N}$$

- silová podmínka:

$$T: \Sigma T = 0$$

$$F_{D2} - F_{A2} - F_{B2} - F_{E2} = 0$$

$$F_{D2} = F_{A2} + F_{B2} - F_{E2} \quad (58)$$

$$F_{D2} = 3172,5 + 3172,5 - 3172,5$$

$$F_{D2} = 3172,5 \text{ N}$$

- momentová podmínka k bodu D:

$$M: \Sigma M_{OD} = 0$$

$$-F_{A2} \cdot L_3 - F_{B2} \cdot (L_3 + L_4) + F_{E2} \cdot (2 \cdot L_3 + L_4) = 0$$

$$F_{E2} = \frac{F_{A2} \cdot L_3 + F_{B2} \cdot (L_3 + L_4)}{(2 \cdot L_3 + L_4)} \quad (59)$$

$$F_{E2} = \frac{3172,5 \cdot 0,124 + 3172,5 \cdot (0,124 + 0,508)}{(2 \cdot 0,124 + 0,508)}$$

$$F_{E2} = 3172,5 \text{ N}$$

Kde:

F_{A2} [N] - síla působící na hřídel v bodě A → dle rovnice (57)

F_{B2} [N] - síla působící na hřídel v bodě B → dle rovnice (57)

F_{D2} [N] - reakční síla působící na hřídel v bodě D → dle rovnice (58)

F_{E2} [N] - reakční síla působící na hřídel v bodě E → dle rovnice (59)

5.2.5 MAXIMÁLNÍ OHYBOVÉ NAPĚTÍ NA HNANÉM BUBNU (BOD G)

$$\sigma_{omaxG} = \frac{M_{omaxG}}{W_{OG}}$$

$$\sigma_{omaxG} = \frac{393}{1,63 \cdot 10^{-5}} \quad (60)$$

$$\sigma_{omaxG} = 24,1 \text{ MPa}$$

Kde:

σ_{OmaxG} [MPa] - maximální ohybové napětí na hřídeli hnacího bubnu v bodě G

M_{OmaxG} [N·m⁻¹] - maximální ohybový moment na hřídeli hnacího bubnu v bodě G → dle rovnice (61)

W_{OG} [m³] - modul průřezu v ohybu v bodě G → dle rovnice (62)

VÝPOČET VELIKOSTI MAXIMÁLNÍHO OHYBOVÉHO MOMENTU

- z obr. 52 v kap. 5.1.3 je patrné, že maximální ohybový moment je v místě G

$$\begin{aligned}M_{OmaxG} &= F_{D2} \cdot L_3 \\M_{OmaxG} &= 3172,5 \cdot 0,124 \\M_{OmaxG} &= 393 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}\end{aligned}\tag{61}$$

MODUL PRŮŘEZU V OHYBU (BOD G)

$$\begin{aligned}W_{OG} &= \frac{\pi \cdot d_3^3}{32} \\W_{OG} &= \frac{\pi \cdot 0,055^3}{32} \\W_{OG} &= 1,63 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3\end{aligned}\tag{62}$$

5.2.6 VÝPOČET BEZPEČNOSTI VZHLEDEM K MEZNÍMU STAVU PRUŽNOSTI (BOD G)

$$\begin{aligned}k_G &= \frac{\sigma_{O2dov}}{\sigma_{OmaxG}} \\k_G &= \frac{100}{24,1} \\k_G &= 4,1\end{aligned}\tag{63}$$

- z rovnice (63) vyplývá, že hřídel hnacího bubnu je dostatečně dimenzován

Kde:

k_G	[-]	- bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti v bodě C
σ_{O2dov}	[MPa]	- dovolené napětí v ohybu pro střídavý ohyb

6 REŠERŠE VÝROBCŮ PODOBNÝCH ZAŘÍZENÍ

JAKOS, SPOL. S.R.O.

Firma JAKOS je českou strojírenskou firmou s šedesátiletou tradicí, která sídlí v Kudlovicích.

Nosným výrobním programem této firmy jsou pásové dopravníky pro těžební průmysl, dopravníky pro recyklaci a technologické cesty surovin. Firma nabízí výrobu pojízdných a haldovacích dopravníků, vázicích dopravníků, vynášecích a uzavíracích dopravníků, lehkých přenosných dopravníků a různé modifikace dle požadavků zákazníka.

Firma kromě kompletních dopravníků nabízí také výrobu a dodávku nosných válečků, hnacích, vratných a převáděcích bubnů, stanic dopravních tratí, válečkových tratí a mnoho dalších komponentů pásových dopravníků.

V České Republice firma dodává zejména těžební společnostem (Cemex), energetickým společnostem (ČEZ, EON), firmám zabývajícím se recyklací, dřevozpracujícím společnostem (LENZING, BIOCEL) a drobným uživatelům. Export je směřován především do Ruska a zemí bývalého Sovětského svazu, ale také Německa, Rakouska, Slovinska a Chorvatska. [19]



Obr. 53 Linka na drcení a třídění kameniva – Norilsk, Rusko [18]

STROJÍRNY PODZIMEK, S.R.O.

Firma Strojírny Podzimek, s. r. o. je českou výrobně dodavatelskou společností náležející do sdružení rodinných firem Podzimek s dlouhodobou tradicí již od roku 1896.

Mezi hlavní obory činnosti této firmy patří zejména návrhy technologických linek a provozů pro úpravárenství se specializací na kamenoprůmysl a úpravu štěrkopísku, dodávky ocelových konstrukcí a zařízení pro vodohospodářství a vodní dopravu (jezové klapky, vrata plavebních komor, čistící stroje česlí na vtocích do turbín, protipovodňové zábrany), rekonstrukce lodí a plavidel, remorkérů a výsypných člunů a také přestavby různých zařízení (plovoucí bagry, korečkové elevátory) na nová plovací tělesa včetně jejich vybavení průkazem způsobilosti.

V červnu roku 2017 uvedla firma Strojírny Podzimek do provozu kompletně novou technologickou linku pro praní štěrkopísků, instalovanou v nově otevřené pískovně Milhostov u Chebu. Linka je navržena na výkon 170 t/h zpracovávané suroviny a výsledné frakce jsou 0-4, 4-8, 8-16 a 16-32 mm. Jako generální dodavatel firma vyrobila a namontovala celkem 90 t nosných ocelových konstrukcí strojů a zařízení, pásové dopravníky, pásový podavač, násypku a plovoucí ponton. Mezi významné subdodavatele této stavby patří zejména firma CAB minerals, jako dodavatel technologického celku pro praní frakce 0 -4 mm a kompletního vodního hospodářství, firma SKANSKA zajišťující veškeré výkopové a betonářské práce a také firma ENGAS zajišťující veškerou dodávku a montáž elektroinstalaci. [30]



Obr. 54 Technologická linka pro praní štěrkopísků v Milhostově (ČMŠ)

AMG - KAREL PÍCHA, S.R.O.

Firma AMG - Karel Pícha, s.r.o. se zabývá výrobou, dodávkami a montáží ocelových konstrukcí a technologických celků a službami v celé oblasti těžby a zpracování nerostných surovin. Nabízí výrobu dopravníků, korečkových dehydrátorů, mobilních třídíren. [10]



Obr. 55 Otočný haldovací dopravník – AMG - Karel Pícha [10]

GTK TUPESY, SPOL. S.R.O.

Společnost GTK, spol. s r.o. je česká strojírenská společnost působící v obci Tupesy u Uherského Hradiště. Společnost byla založena v roce 1991. Tato firma se zabývá výrobou pásových dopravníků pro přepravu surovin a sypkých hmot do výkonu 1.000 m³/hod, výrobou komponentů k pásovým dopravníkům (bubny, stolice, pražce), výrobou ocelových konstrukcí a zámečnickou výrobou. [17]



Obr. 56 Otočný haldovací dopravník s obslužnou lávkou a zakrytíváním – GTK Tupesy [17]

SE-MI TECHNOLOGY, A.S.

Společnost SE-MI Technology, a.s. se zabývá strojírenskými dodávkami a technologickými celky v oborech hlubinné a povrchové těžby nerostů, úpraven surovin, povrchových dopravních systémů. Tato společnost sídlí v Ostravě a je členem skupiny ALTA, což je skupina, která patří k největším skupinám strojírenství a engineeringu ve střední a východní Evropě. Patří zde např. TOS Kuřim, ČKD Blansko, DMS, ALVEL.

Hlavním výrobním programem této firmy jsou stroje pro vertikální (těžní klece, skipy, klínové úvazky, kolová vedení, atd.) a horizontální dopravu (zejména pásové a hřeblové dopravníky, speciální dopravníky, válečkové tratě a technologické linky, včetně příslušenství a náhradních dílů). [29]



Obr. 57 Pásový dopravník DP 1200 – SE-MI Technology, a.s. [29]

PRO SAND ENGINEERING S.R.O.

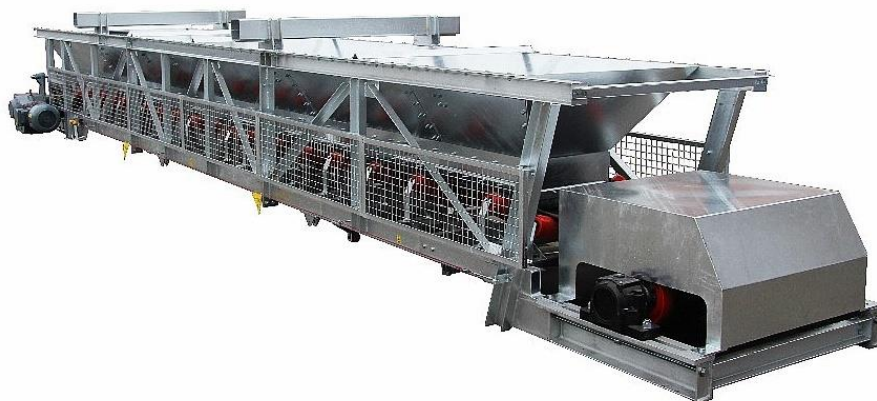
Společnost Pro Sand Engineering se zaměřuje na vývoj, výrobu a dodávky strojů a zařízení v oborech spojených s těžbou a zpracováním šterkopísků a kameniva. Dále se zabývají výrobou a stavbou ocelových konstrukcí a dodávkami zařízení do cukrovarů. Společnost nabízí pásové dopravníky, plovoucí pásové dopravníky, plovoucí bagry (drapákový, korečkový, sací), stroje na úpravu kameniva (vibrační třídiče, nožové pračky, korečkové dehydrátory, rotační odjílovače). [27]



Obr. 58 Plovoucí pásová doprava – Pro Sand Engineering [27]

TECHBELT S.R.O.

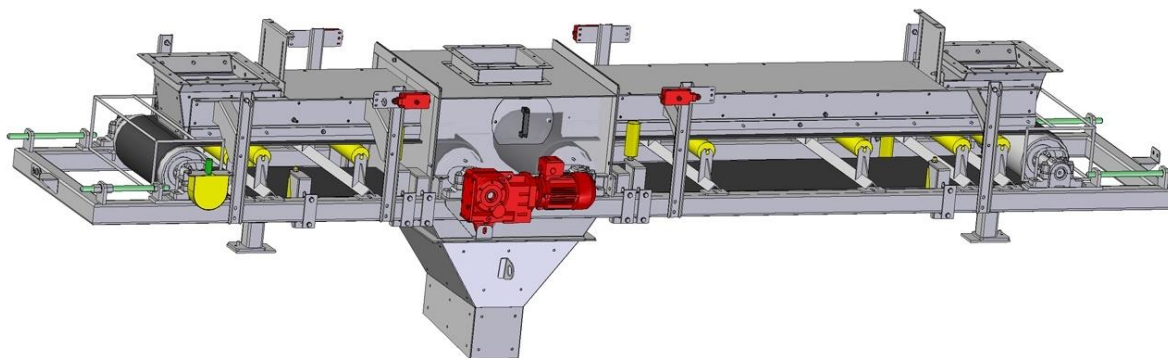
Fima Techbelt, s.r.o., se sídlem ve Zlíně, se zabývá výrobou a servisní činností v oblasti pásové dopravy. Nabízí dodávku dopravníků různých konstrukcí a použití, separátorů kovů pro sypké i tekuté směsi, komponentů k dopravníkům a různá technologická zařízení jako jsou separační linky (nejčastěji na kov, papír a plast), zásobníky, ocelové konstrukce, schodiště, obslužné lávky, vibrační třídiče menších výkonů. [31]



Obr. 59 Vážicí dopravník – Techbelt [31]

KEŠNER, A.S.

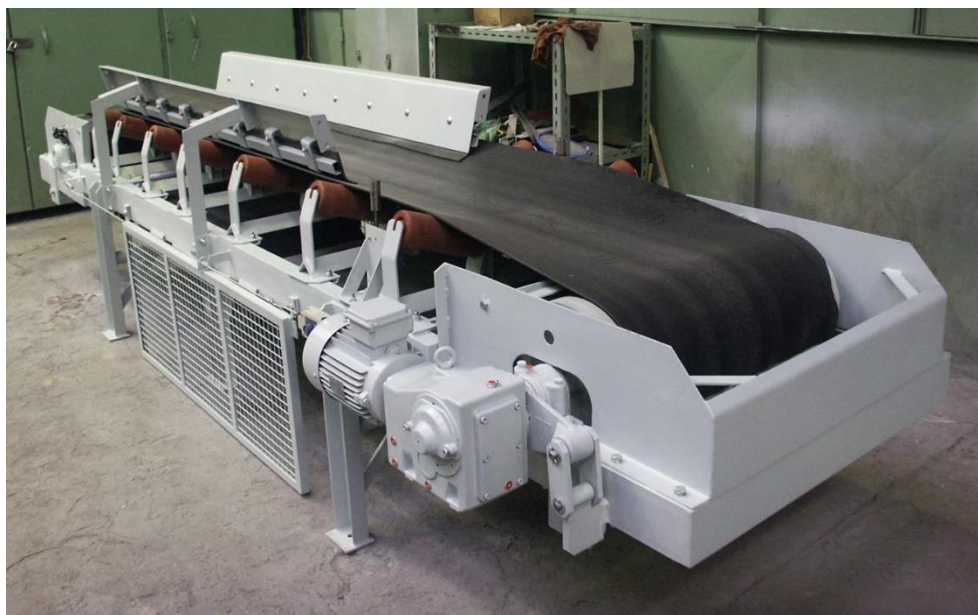
Společnost Kešner a.s., se sídlem ve městě Králův Dvůr, je výrobní strojírenská firma působící na trhu již od roku 1991. Tato společnost nabízí služby v oblasti technologické dopravy a skladování sypkých a kusových materiálů. Mezi nabízený sortiment této firmy patří pásové dopravníky a podavače, pásové dopravníky trubkové, řetězové dopravníky, korečkové elevátory, šnekové dopravníky, rotační podavače. [20]



Obr. 60 Pásový podavač – Kešner, a.s. [20]

DELTA ENGINEERING, S.R.O.

Společnost DELTA Engineering, se sídlem v Přerově, nabízí zařízení pro transport sypkých materiálů například suché omítkové a maltové směsi, cement, popílek, vápenec, struska, písek. Do jejich výrobního programu patří zejména pásové dopravníky a podavače, šnekové dopravníky a podavače, elevátory, komponenty pro mechanickou a pneumatickou dopravu, stroje a zařízení pro expedici (mobilní nakladače, rozmělnovače) a také násypky, zásobníky a skluzu. [15]



Obr. 61 Pásový dopravník – DELTA Engineering [15]

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout dopravník pro šikmou dopravu štěrkopísku frakce 0 - 4 mm. Funkční výpočet byl proveden na základě zadaných parametrů (dopravního výkonu, osové vzdálenosti a sklonu dopravníku) dle normy ČSN ISO 5048. Výpočtem byly určeny základní rozměry pásového dopravníku a vybrány jednotlivé komponenty dopravníku z nabídek a katalogů firem. Dále byla provedena pevnostní kontrola pláště a hřídele hnaného bubnu a vypracována rešerše výrobců podobných zařízení.

Z konstrukčního hlediska byl dopravník navržen jako svařovaná příhradová konstrukce složená ze šroubovatelných segmentů. Rovněž podpěry dopravníku byly navrženy jako šroubovatelné. Jako pohon pro tento dopravník byl vybrán elektromotor firmy Nord o výkonu 3,0kW s kuželočelní převodovkou. Dopravník byl doplněn o řadu nezbytně nutných bezpečnostních prvků pro bezpečný provoz tohoto stroje, zejména celkové zakrytí hnaného bubnu, zakrytí vratných válečků a všech sbíhavých míst.

Kompletní konstrukční řešení tohoto dopravníku bylo provedeno pomocí 3D modelování v programu Autodesk Inventor 2017. Z modelu byly následně vyrendrovány obrázky obsažené v této práci a zároveň exportovány výkresy, které byly upraveny v programu Autodesk AutoCAD Mechanical 2017. Tyto výkresy jsou připojeny k práci.

Na závěr byla vypracována stručná rešerše výrobců podobných zařízení a připojen kontrolní výpočet čepů podpěr na střih a otláčení.

Navržený pásový dopravník bude sloužit k haldování (ukládání) odvodněného materiálu z technologické linky. Pro vyhotovení této práce byly použity uvedené informační zdroje a znalosti získané díky spolupráci s několika firmami zabývajícími se výrobou pásových dopravníků a dalších důležitých zařízení pro dopravu a třídění materiálu. Z těchto firem bych rád zmínil firmu CAB minerals, pro kterou v současné době pracuji a také firmu Jakos, která mi výrazně pomohla k navržení tohoto zařízení. Problematice návrhu pásových dopravníků bych se rád dále věnoval, proto pro mne byla práce na toto téma cennou zkušeností.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

Odborné publikace:

- [1] BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. *Teória a stavba zdvihačích a dopravných zariadení*. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. 356 s., ISBN 978-80-553-1187-6.
- [2] DRAŽAN, František a Ladislav KUPKA. *Transportní zařízení*. Praha: SNTL, 1966. 456 s.
- [3] GAJDUŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1988. 277 s.
- [4] KEMKA, Vladislav. *Stavba a provoz strojů: stroje a zařízení pro SPŠ strojní*. Praha: Informatorium, 2009. 281 s., ISBN 978-80-7333-075-0.
- [5] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 2., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2005. 907 s., ISBN 80-7361-011-6.

Normy:

- [6] ČSN 26 0378. *Dopravní pásy s textilní kostrou - Základní ustanovení*. Praha: Český normalizační institut, 1991. 24 s.
- [7] ČSN 26 0605. *Zařízení pro plynulou dopravu nákladů - Bezpečnostní předpisy pro pásové dopravníky - Příklady ochrany nebezpečných sbíhavých míst*. Praha: Český normalizační institut, 1994. 20 s.
- [8] ČSN EN ISO 13857. *Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu k nebezpečným místům horními a dolními končetinami*. Praha: Český normalizační institut, 2008. 24 s.
- [9] ČSN ISO 5048. *Zařízení pro plynulou dopravu nákladů - Pásové dopravníky s nosnými válečky - Výpočet výkonu a tahových sil*. Praha: Český normalizační institut, 1994. 16 s.

Elektronické zdroje:

- [10] AMG Karel Pícha s.r.o. [online]. [cit. 29. 12. 2017]. Dostupné z: <http://www.amgpicha.cz/>
- [11] Braskem [online]. [cit. 05. 11. 2017]. Dostupné z: http://www.braskem.com.br/Portal/utec/arquivos/Brochure/UTEC_Brochure.pdf
- [12] CAB Minerals | Dopadové lišty Linatex. *CAB Minerals | Technologie mokré úpravy* [online]. [cit. 05. 11. 2017]. Dostupné z: <https://www.cab-cz.cz/dopadove-listy-linatex>

- [13] CLAMPEX® KTR 201 self-centering clamping set. *301 Moved Permanently* [online]. [cit. 11. 11. 2017]. Dostupné z: <https://www.ktr.com/en/products/power-transmission-technology/clamping-sets-and-precision-joints/internal-clamping-sets/clampex-self-centering/clampex-ktr-201/>
- [14] Čítače pulzů. *ifm - automation made in Germany* [online]. [cit. 02. 12. 2017]. Dostupné z: http://www.ifm.com/ifmcz/web/pmain/015_090_030.html
- [15] DELTA Engineering s.r.o. Výroba dopravních zařízení sypkých materiálů [online]. [cit. 29. 12. 2017]. Dostupné z: <http://www.deltaeng.cz/>
- [16] din 3570 - Třmenový oblouk, tvar U. *Fasteners.eu - european fastener business network* [online]. [cit. 04. 11. 2017]. Dostupné z: <https://www.fasteners.eu/cs/standards/din/3570/>
- [17] *GTK spol. s r.o., pásové dopravníky sypkých hmot* [online]. [cit. 29. 12. 2017]. Dostupné z: <http://www.gktupesy.cz/>
- [18] Jakos, spol. s r.o. - výrobce pásové dopravy | Stavební technika. *Stavební technika – stroje, vozidla pro stavebnictví, manipulační technika, nářadí* [online]. [cit. 29. 12. 2017]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/jakos-spol-sro-vyrobce-pasove-dopravy>
- [19] *Jakos.cz - Production of conveyors and the production of boilers - Homepage* [online]. [cit. 29. 12. 2017]. Dostupné z: <http://www.jakos.cz/>
- [20] *kešner, a.s.* [online]. [cit. 29. 12. 2017]. Dostupné z: <http://www.kesner.cz/>
- [21] Magnetické separátory kovů nad pásový dopravník - MAGSY, s.r.o. Zlín. *Magnet a magnetický separátor - výroba a prodej - MAGSY, s.r.o. Zlín* [online]. [cit. 17. 12. 2017]. Dostupné z: <http://www.magsy.cz/24791-magnet-nad-dopravnik-magneticka-deska>
- [22] Matador - Dopravné Pásky. Matador Dopravné Pásky - CONTINENTAL MATADOR RUBBER [online]. [cit. 17. 11. 2017]. Dostupné z: http://www.matador-belts.com/pages/downloads/downloads_sk.html
- [23] NORD - Katalogy . *301 Moved Permanently* [online]. [cit. 12. 11. 2017]. Dostupné z: <https://www.nord.com/cms/cz/documentation/catalogues/catalogues-dep.jsp>
- [24] NTN SNR : Manufacturer of bearings, linear modules, rollers and suspension for the industry. *NTN SNR : Manufacturer of bearings, linear modules, rollers and suspension for the industry* [online]. [cit. 17. 11. 2017]. Dostupné z: <https://www.ntn-snr.com/>
- [25] Pásové Váhy | WÖHWA Waagenbau GmbH. *Home | WÖHWA Waagenbau GmbH* [online]. [cit. 17. 12. 2017]. Dostupné z: <http://www.woehwa.com/foerderbandwaagen.asp?lang=cz>

- [26] Permanentní magnetický nad pásový separátor - IFE Aufbereitungstechnik GmbH. [online]. [cit. 17. 12. 2017]. Dostupné z: <http://www.ife-bulk.cz/cs/Magnetick%C3%A1-technika/permanentni-magneticky-nad-pasovy-separator.html>
- [27] *Pro Sand Engineering s.r.o.* [online]. [cit. 29. 12. 2017]. Dostupné z: <http://www.prosand.cz/>
- [28] Profil HEA válcovaný za tepla, DIN 1025-3, HEA 120 - Feron a.s. - hutní materiál, velkoobchod s hutním materiálem. *Document Moved* [online]. [cit. 04. 11. 2017]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=31165>
- [29] *SE-MI Technology, a.s. - Ostrava* [online]. [cit. 29. 12. 2017]. Dostupné z: <https://www.se-mi.cz/>
- [30] Strojírny Podzimek, s.r.o. [online]. [cit. 29. 12. 2017]. Dostupné z: <https://www.stojirny-podzimek.cz/>
- [31] *Techbelt - dopravníky, dopravní pásy, servis* [online]. [cit. 29. 12. 2017]. Dostupné z: <http://www.dopravnipasy.com/>
- [32] Trubka bezešvá hladká kruhová, ČSN 42 5715, rozměr 324x10 - Feron a.s. - hutní materiál, velkoobchod s hutním materiálem. *Document Moved* [online]. [cit. 11. 11. 2017]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/25652/trubka-bezesva-hladka-kruhova-csn-42-5715-01-rozmer-324x10>
- [33] Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, ČSN 42 5510, průměr 45 - Feron a.s. - hutní materiál, velkoobchod s hutním materiálem. *Document Moved* [online]. [cit. 12. 11. 2017]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/34322/tyc-ocelova-kruhova-valcovana-za-tepla-csn-42-5510-11-a-normalni-presnost-prumer-45>
- [34] Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, ČSN 42 5510, průměr 60 - Feron a.s. - hutní materiál, velkoobchod s hutním materiálem. *Document Moved* [online]. [cit. 11. 11. 2017]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/27822/tyc-ocelova-kruhova-valcovana-za-tepla-csn-42-5510-11-a-normalni-presnost-prumer-60>
- [35] Vendig AB. *Start - Vendig AB* [online]. [cit. 03. 12. 2017]. Dostupné z: <https://vendig.se/product/1-hampus-secondary-belt-cleaner--9200/>
- [36] VVV MOST - Bezpečnostní spínače vybočení dopravního pásu, bezpečnostní prvky dopravníku, nouzové zastavení dopravníku, DUK, hlídání dopravního pásu. *VVV MOST - Dopravní pásy, dopravníky, příslušenství a náhradní díly, separace kovů, vývoj a výzkum* [online]. [cit. 18. 03. 2018]. Dostupné z: <http://www.vvvmost.cz/bezpecnostni-spinace-vyboceni-dopravniho-pasu/>
- [37] VVV MOST - Dopadové lože, dopadové lišty, části přesypů, dopadové místo materiálu, nárazové lože, impact bars. *VVV MOST - Dopravní pásy, dopravníky, příslušenství a náhradní díly, separace kovů, vývoj a výzkum* [online]. [cit. 05. 11. 2017]. Dostupné z: <http://www.vvvmost.cz/dopadove-loze/>

- [38] XY2CH13250 - spínač nouz. zastav. ovládaný lankem XY2 CH - 1V+1Z - kryté tlač. | Schneider Electric. *301 Moved Permanently* [online]. [cit. 19. 11. 2017]. Dostupné z: <https://www.schneider-electric.cz/cs/product/XY2CH13250/sp%C3%ADna%C4%8D-nouz.-zastav.-ovl%C3%A1dan%C3%BD-lankem-xy2-ch---1v%2B1z---kryt%C3%A9-tla%C4%8D.#search>
- [39] ZAM-SERVIS s.r.o. - Technologické snímače. [online]. [cit. 17. 12. 2017]. Dostupné z: <http://www.zam-servis.cz/www/index.php/produkty-2/automatizace/technologicke-snimace>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ε	[°]	úhel vychýlení osy válečku vzhledem k rovině kolmé k podélné ose pásu
$(h/a)_{adm}$	[-]	dovolený relativní průvės pásu mezi válečkovými stolicemi
μ	[-]	součinitel tření mezi poháněcím bubnem a pásem
μ_0	[-]	součinitel tření mezi nosnými válečky a pásem
μ_1	[-]	součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a pásem
μ_2	[-]	součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočnicemi
μ_3	[m]	součinitel tření mezi pásem a čističem pásu
A	[m ²]	dotyková plocha mezi pásem a čističem pásu
a_0	[m]	rozteč horních válečkových stolic
a_u	[m]	rozteč dolních válečkových stolic
b	[m]	ložná šířka pásu (využitelná šířka pásu)
B	[m]	šířka dopravníkového pásu
b_1	[m]	světla šířka bočního vedení
B_ε	[m]	šířka vnějšího čističe pásu
C_ε	[-]	součinitel korýtkovosti
c_{dl}	[-]	součinitel tření
D	[m]	průměr bubnu (hnaného)
d	[m]	tloušťka pásu
d_0	[N]	průměr hřídele v ložisku
D_p	[m]	průměr poháněcího bubnu
f	[-]	globální součinitel tření
F	[N]	průměrný tah v pásu na bubnu
F_ε	[N]	odpor vychýlených bočních válečků
F_1	[N]	tahová síla v horní (nosné) větvi
F_2	[N]	tahová síla v dolní (vratné) větvi
$F_{2,min}$	[N]	nejmenší tažná síla ve sbíhající větvi
F_a	[N]	odpor shrnovače materiálu
F_{A1}	[N]	reakční síla působící na plášť v bodě A
F_{A2}	[N]	síla působící na hřídel v bodě A
F_{B1}	[N]	reakční síla působící na plášť v bodě B
F_{B2}	[N]	síla působící na hřídel v bodě B

F_{bA}	[N]	odpory setrvačných sil v místě nakládání a v oblasti nakládání
F_C	[N]	celková síla působící na buben
$F_{d,min}$	[N]	nejmenší tahová síla pro dolní větev s ohledem na průvės pásu mezi stolicemi
F_{D2}	[N]	reakční síla působící na hřidel v bodě D
F_{dl}	[N]	odpor tření pásu na dopadových lištách
F_{E2}	[N]	reakční síla působící na hřidel v bodě E
F_f	[N]	odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením v oblasti urychlování
F_{gL}	[N]	odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením
F_H	[N]	hlavní odpory
$F_{h,min}$	[N]	nejmenší tahová síla pro horní větev s ohledem na průvės pásu mezi stolicemi
F_l	[N]	odpor ohybu pásu na bubnech
F_{max}	[N]	největší tahová síla v pásu
F_N	[N]	vedlejší odpory
F_N	[N]	vedlejší odpory
F_{nap}	[N]	napínací síla
F_r	[N]	odpor čističů pásu
Fr_1	[N]	odpor vnější (čelního) čističe
Fr_2	[N]	odpor vnitřního (šípového) čističe
F_{S1}	[N]	přídavné hlavní odpory
F_{S1}	[N]	přídavné hlavní odpory
F_{S2}	[N]	přídavné vedlejší odpory
F_{S2}	[N]	přídavné vedlejší odpory
F_{St}	[N]	odpor k překonání dopravní výšky
F_t	[N]	odpor v ložiskách bubnu (hnaného)
F_U	[N]	potřebná obvodová síla na poháněcím bubnu
$F_{U,max}$	[N]	maximální obvodová hnací síla
g	[m.s ⁻²]	tíhové zrychlení
H	[m]	výškový rozdíl
I_v	[m ³ .s ⁻¹]	největší dopravní výkon pásového dopravníku
k	[-]	součinitel sklonu
k_l	[-]	součinitel korekce vrchlíku náplně pásu
k_C	[-]	bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti v bodě C

K_G	[-]	bezpečnost vzhledem k meznímu stavu pružnosti v bodě G
l	[m]	délka bočního vedení
L	[m]	osová vzdálenost přesypů
L_ε	[m]	délka dopravníku s vychýlenými válečky
l_3	[m]	délka středního válečku u tříválečkové stolice
$l_{b, min}$	[m]	urychlovací délka
l_{dl}	[m]	délka dopadové lišty
M_k	[N.m]	krouticí moment pohonu
M_{OmaxC}	[N.m ⁻¹]	maximální ohybový moment na plášti hnacího bubnu v bodě C
M_{OmaxG}	[N.m ⁻¹]	maximální ohybový moment na plášti hnacího bubnu v bodě G
m_p	[kg]	hmotnost 1m dopravního pásu
$m_{vč}$	[m]	hmotnost vnitřního (šípového) čističe
n_1	[-]	počet válečkových stolic v horní větvi
n_2	[-]	počet válečkových stolic v dolní větvi
n_p	[ot.min ⁻¹]	otáčky pohonu
p	[N.m ⁻²]	tlak mezi čističem pásu a pásem
P_A	[W]	provozní výkon poháněného bubnu
P_M	[W]	potřebný provozní výkon poháněcího motoru
Q	[kg.h ⁻¹]	dopravní výkon
q	[N.m ⁻²]	liniové zatížení působící na plášť bubnu
q_1	[kg]	hmotnost rotujících částí jednoho válečku v horní větvi
q_2	[kg]	hmotnost rotujících částí jednoho válečku v dolní větvi
q_B	[kg.m ⁻¹]	hmotnost 1 metru dopravního pásu
q_G	[kg.m ⁻¹]	hmotnost nákladu na 1 metr délky pásu
q_{RO}	[kg.m ⁻¹]	hmotnost rotujících částí válečků na 1 metr horní větve dopravníku
q_{RU}	[kg.m ⁻¹]	hmotnost rotujících částí válečků na 1 metr dolní větve dopravníku
Q_{skut}	[kg.h ⁻¹]	skutečné dopravované množství materiálu
R_{mp}	[Mpa]	dovolené namáhání pásu v tahu
S_1	[m ²]	plocha horní části (plocha vrchlíku)
S_2	[m ²]	plocha dolní části (plocha korýtky)
S_S	[m ²]	skutečná plocha průřezu náplně dopravovaného materiálu
S_T	[m ²]	teoretický průřez náplně dopravovaného materiálu
t_{ε}	[m]	tloušťka vnějšího čističe pásu

v	[m.s ⁻¹]	jmenovitá rychlost dopravníku
v_0	[m.s ⁻¹]	složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu
W_{OC}	[m ³]	modul průřezu v ohybu v bodě C
W_{OG}	[m ³]	modul průřezu v ohybu v bodě G
α	[°]	sypný úhel pro suchý písek smíšený se štěrkem
β	[°]	úhel sklonu bočních válečku zvolené válečkové stolice
δ	[°]	sklon dopravníku
η_1	[%]	účinnost motoru
θ	[°]	dynamický sypný úhel
ξ	[-]	součinitel rozběhu
ρ	[kg.m ⁻³]	objemová sypná hmotnost
σ_{O1dov}	[MPa]	dovolené napětí v ohybu pro střídavý ohyb
σ_{OmaxC}	[MPa]	maximální ohybové napětí na plášti hnacího bubnu v bodě C
σ_{OmaxG}	[MPa]	maximální ohybové napětí na plášti hnacího bubnu v bodě G
φ	[rad]	úhel opásání poháněcího bubnu

SEZNAM PŘÍLOH

Výkresová dokumentace:

Číslo výkresu	Název výkresu	Typ výkresu	List
0-PD01-2018/ÚADI-00	PÁSOVÝ DOPRAVNÍK B=500mm; L=15m	Výkres sestavy	1/4
0-PD01-2018/ÚADI-00	PÁSOVÝ DOPRAVNÍK B=500mm; L=15m	Seznam položek	2/4
0-PD01-2018/ÚADI-00	PÁSOVÝ DOPRAVNÍK B=500mm; L=15m	Seznam položek	3/4
0-PD01-2018/ÚADI-00	PÁSOVÝ DOPRAVNÍK B=500mm; L=15m	Seznam položek	4/4
3-PD01-2018/ÚADI-12	HNANÝ BUBEN	Výkres sestavy	1/1
3-PD01-2018/ÚADI-12-01	HNANÝ BUBEN - SVAŘENEC	Výkres svařence	1/1
3-PD01-2018/ÚADI-12-02	HNANÝ BUBEN - HŘÍDEL	Výkres součásti	1/1

Výpočtová dokumentace:

Kontrola válcových čepů na střih a otlačení